



19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 100 32 515 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 F 7/02**  
H 01 F 1/053  
H 01 F 41/02

21 Aktenzeichen: 100 32 515.7  
22 Anmeldetag: 5. 7. 2000  
43 Offenlegungstag: 18. 1. 2001

DE 100 32 515 A 1

30 Unionspriorität:

11-190351 05. 07. 1999 JP  
11-329590 19. 11. 1999 JP

71 Anmelder:

Hitachi Metals, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:

Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München

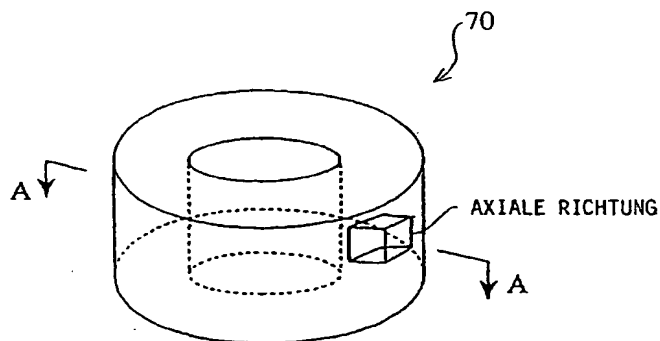
72 Erfinder:

Tokoro, Hisato, Kumagaya, JP; Uchida, Kimio,  
Kodama, JP; Oda, Kazuo, Fukaya, JP; Mikamoto,  
Tsukasa, Honjo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Bogensegmentmagnet, Ringmagnet und Verfahren zu ihrer Herstellung

57 Ein dünner Bogensegmentmagnet aus einem Seltenerd-Sintermagnet besteht im Wesentlichen aus 28-33 Gew.-% R und 0,8-1,5 Gew.-% B, wobei der Rest im Wesentlichen aus Fe besteht, wobei R mindestens ein Seltenerdelement, einschließlich Y, ist, und T Fe oder Fe und Co ist, und der einen Sauerstoffgehalt von 0,3 Gew.-% oder weniger, bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets, eine Dichte von 7,56 g/cm<sup>3</sup> oder mehr, eine Koerzitivfeldstärke iH<sub>c</sub> von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr bei Raumtemperatur und eine Orientierung Br/4bl max von 96% oder mehr in einer für Anisotropie sorgenden Richtung bei Raumtemperatur aufweist, kann unter Verwendung eines Aufschlämmungsgemischs hergestellt werden, das dadurch erzeugt wird, dass ein feines Legierungspulver mit der obigen Zusammensetzung in ein Flüssigkeitsgemisch eingegeben wird, das 99,7-99,99 Gewichtsteile eines Mineralöls, eines synthetischen Öls oder eines pflanzlichen Öls und 0,01-0,3 Gewichtsteile eines nichtionischen und/oder eines anionischen oberflächenaktiven Mittels enthält.



DE 100 32 515 A 1

## GEBIET DER ERFINDUNG

Die Erfindung betrifft einen dünnen Sintermagnet mit Bogensegment- oder Ringform auf RTB-Basis, der niedrigen Sauerstoffgehalt und hohe Dichte und gute Orientierung aufweist, und sie betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines derartigen Sintermagnets.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

In den praktischen Gebrauch gebrachte Seltenerd-Sintermagnete werden durch Pulverisieren einer Legierung, Formen, Sintern, Wärmebehandeln und Bearbeiten sowie, falls erforderlich, eine weitere Oberflächenbehandlung hergestellt. Unter ihnen werden Seltenerd-Sintermagnete auf RTB-Basis mit intermetallischen Verbindungen  $R_2T_{14}B$ , bei denen R mindestens eines von Seltenerdelementen ist, zu denen Y gehört, und T Fe oder Fe und Co ist, als Hauptphasen enthalten, als Magnete mit hohem Funktionsvermögen in weitem Umfang verwendet. Jedoch wird das Legierungspulver an Luft schnell oxidiert, was zu einer Beeinträchtigung magnetischer Eigenschaften führt. In Extremfällen führt schnelle Oxidation zur Explosion, was Sicherheitsprobleme aufwirft.

Als Verfahren zum Verhindern schneller Oxidation sind solche vorgeschlagen, bei denen ein Seltenerd-Sintermagnet wie folgt hergestellt wird: Eingeben eines Ausgangsmaterialpulvers für den Seltenerd-Sintermagnet in ein nichtoxidierendes Mineralöl oder synthetisches Öl, Formen desselben in einem Magnetfeld, während Oxidation verhindert ist, und anschließendes Ausführen von Vorgängen zum Entfernen des Öls, zum Sintern und zum Wärmebehandeln in dieser Reihenfolge (siehe die japanischen Patente 2,731,337 und 2,859,517). Durch diese Verfahren werden Sinterkörper mit niedrigem Sauerstoffgehalt und hoher Dichte, die beinahe der theoretischen Dichte entspricht, erzeugt, die über ein erheblich verbessertes maximales Energieprodukt  $(BH)_{\max}$  verfügen.

Ferner wurde angegeben, dass gemäß einem Vorschlag merklich verbesserte Eigenschaften für kontinuierliches Formen erzielt werden, wenn das obige feine Legierungspulver in ein Öl eingegeben wird, das ein Mineralöl, ein synthetisches Öl oder ein pflanzliches Öl und 0,01–0,5 Gewichtsprozent Ölsäure enthält, um eine Ausgangsmaterial-Aufschlammung zum Formen zu erzeugen, wodurch es ermöglicht ist, einen Seltenerd-Sintermagnet mit verbesserten magnetischen Eigenschaften effizient herzustellen (siehe die japanische Patentoffenlegung Nr. 8-130142).

Jedoch weisen die durch die obigen Verfahren hergestellten Seltenerd-Sintermagnete magnetische Eigenschaften, wie einen  $(BH)_{\max}$ -Wert, auf, die nicht so hoch sind, wie es von den Erfindern erwartet wurde, wie es in den später beschriebenen Vergleichsbeispielen angegeben ist, und eine weitere Verbesserung des Funktionsvermögens war schwierig. Auch treten merkliche Risse auf, wenn ein dünner (oder dünner und langer) bogensegmentförmiger Grünkörper für einen Seltenerd-Sintermagnet durch die obigen herkömmlichen Verfahren durch Kompressionsformen in einem Magnetfeld hergestellt wird. Ferner weist der vorstehend genannte dünne (oder dünne und lange) Grünkörper für einen Seltenerd-Sintermagnet eine extrem ungleichmäßige Dichteverteilung auf, was zu stark verformten Sinterkörpern wegen örtlich starken Dichteunterschieden führt. Dies hat eine starke Verformung der Sinterkörper in einer für Anisotropie sorgenden Richtung zur Folge, was zu einer Abnahme der Orientierung führt, wodurch es nicht gelingt, sie dem praktischen Gebrauch zuzuführen. Demgemäß gelingt es diesem herkömmlichen Verfahren nicht, den jüngsten Forderungen zu genügen, magnetische Erzeugnisse dünner, kleiner und mit höherem Funktionsvermögen auszustatten. Der hier verwendete Begriff "dünn" bedeutet, dass die Dicke eines Magnets nur 4 mm oder weniger beträgt, und der Begriff "lang" bedeutet, dass die axiale Länge eines Magnets 40 mm oder mehr beträgt.

Die japanische Patentoffenlegung Nr. 7-37716 offenbart in einem Beispiel 2, dass eine Legierung mit der Zusammensetzung  $Nd_{12,8}Fe_{Rest}Co_{4,5}B_{6,2}Ga_{0,1}$  (Atom-%) bis auf eine mittlere Teilchengröße von 5  $\mu m$  fein pulverisiert wird und das sich ergebende feine Pulver mit einem Mineralöl gemischt und dann einem Formvorgang in einem transversalen Magnetfeld mit extrem starker Ausrichtung von 2,0 MA/m (25 kOe) bei extrem niedrigem Formungsdruck von 16,7 MPa (0,17 Tonnen/cm<sup>2</sup>) ohne Luftkontakt unterzogen wird, um einen Sintermagnet auf RTB-Basis mit hohen magnetischen Eigenschaften zu erzeugen, nämlich  $iH_c = 1,1$  MA/m (14,1 kOe),  $(BH)_{\max} = 398,8$  kJ/m<sup>3</sup> (50,1 MGOe), Orientierung = 96% und  $I(105)/I(006) = 1,32$ .

Wenn jedoch dünne (oder dünne und lange) Grünkörper für bogensegmentförmige Sintermagnete auf RTB-Basis durch Kompressionsformen in einem Magnetfeld unter den im Beispiel 2 der japanischen Patentoffenlegung Nr. 7-37716 beschriebenen Bedingungen hergestellt werden, tritt merkliche Rissbildung auf. Selbst wenn Grünkörper ohne Rissbildung erhalten werden, verfügen sie jedoch über extrem ungleichmäßige Dichteverteilung, was zu stark verformten Sinterkörpern mit schlechter Orientierung führt, wodurch sie nicht dem praktischen Gebrauch zugeführt werden können.

Wenn radial anisotrope gesinterte Ringmagnete (nachfolgend als Radialringe bezeichnet) oder Bogensegmentmagnete auf RTB-Basis mit den herkömmlichen Herstellbedingungen, wie sie im japanischen Patent 2-859,517 beschrieben sind, hergestellt werden, sollte von der Innen- zur Außenseite des Hohlraums eines Formungswerkzeugs im Verlauf des Formvorgangs ein radial ausgerichtete Magnetfeld angewandt werden, um den Grünkörpern radiale Anisotropie zu verleihen, was zur Schwierigkeit führt, dass das radial orientierende Magnetfeld umso schwächer ist, je kleiner der Innendurchmesser eines Hohlraums ist. So wird die radiale Orientierung von Grünkörpern umso schlechter, je kleiner der Innendurchmesser von Radialringen sind. Tatsächlich wäre es möglich, im Wesentlichen denselben Grad radialer Orientierung wie bei Sintermagneten auf RTB-Basis, die durch einen Formungsschritt in einem transversalen Magnetfeld oder einem vertikalen Magnetfeld hergestellt werden, zu erzielen, wenn ein ausrichtendes (statisches) Magnetfeld von mehr als 798,8 kA/m (10 kOe) für einige Sekunden in radialer Richtung angelegt werden könnte. Jedoch weist bei industrieller Herstellung von Radialringen mit einem Innendurchmesser von 10–100 mm das beim Formvorgang angelegte radial ausrichtende Magnetfeld nur ungefähr 238,7–795,8 kA/m (3–10 kOe) auf.

Wie es beim Vergleichsbeispiel 7 in der Tabelle 6 angegeben ist, kann keine hohe Orientierung erzielt werden, wenn ein Radialring mit einem Innendurchmesser von 100 mm oder weniger unter Verwendung einer Ausgangsmaterial-Auf-

schlammung hergestellt wird, wie sie in JP-B-2-859517 beschrieben ist. Als Ergebnis von Untersuchungen zu den Gründen haben die Erfinder herausgefunden, dass dies durch schlechte radiale Orientierung der Grünkörper hervorgerufen wird.

Auch hat ein radial ausrichtendes Magnetfeld, wie es während eines Formungsschritts für radial anisotrope gesinterte Bogensegmentmagnete auf RTB-Basis bei üblicher industrieller Herstellung angelegt wird, einen Wert von nur ungefähr 238,7–795,8 kA/m (3–10 kOe). Demgemäß tritt im Fall gesintertter Bogensegmentmagnete mit auf RTB-Basis mit einem Innendurchmesser von 100 mm oder weniger wie bei Radialringen das Problem schlechter radialer Orientierung auf.

## AUFGABE DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen dünnen (oder dünnen und langen) gesinterten Bogensegmentmagnet auf RTB-Basis mit niedrigem Sauerstoffgehalt und hoher Dichte und Orientierung zu schaffen.

Eine andere Aufgabe der Erfindung ist es, einen radial anisotropen Sinteringmagnet auf RTB-Basis mit niedrigem Sauerstoffgehalt und hoher Dichte und Orientierung zu schaffen.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Herstellen eines Seltenerd-Sintermagnets mit niedrigem Sauerstoffgehalt und hoher Dichte und Orientierung zu schaffen.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Ein dünner Bogensegmentmagnet mit einer Dicke von 1–4 mm gemäß einer Ausführungsform der Erfindung besteht aus einem Seltenerd-Sintermagnet mit einem Anteil der Hauptkomponenten von 28–33 Gew.-% R und 0,8–1,5 Gew.-% B, wobei der Rest im Wesentlichen Fe ist und R mindestens ein Seltenerdelement, einschließlich Y, ist, und T Fe oder Fe und Co ist, wobei dieser Bogensegmentmagnet einen Sauerstoffgehalt von 0,3 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets, eine Dichte von 7,56 g/cm<sup>3</sup> oder mehr, eine Koerzitivfeldstärke iHc von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr bei Raumtemperatur und eine Orientierung  $Br/4\pi I_{\max}$  von 96% oder mehr in einer für Anisotropie sorgenden Richtung bei Raumtemperatur aufweist.

Dieser Bogensegmentmagnet weist vorzugsweise Parallelanisotropie auf und eine Länge von 40–100 mm in axialer Richtung auf. Ferner beträgt das Verhältnis  $I(105)/I(006)$  vorzugsweise 0,5–0,8, wobei I(105) die Intensität eines Röntgenbeugungspeaks von einer (105)-Ebene repräsentiert und I(106) die Intensität eines Röntgenbeugungspeaks von einer (006)-Ebene repräsentiert.

Ein radial anisotroper Bogensegmentmagnet mit einem Innendurchmesser von 100 mm oder weniger gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung besteht aus einem Seltenerd-Sintermagnet mit einem Anteil der Hauptkomponenten von 28–33 Gew.-% R und 0,8–1,5 Gew.-% B, wobei der Rest im Wesentlichen Fe ist und R mindestens ein Seltenerdelement, einschließlich Y, ist, und T Fe oder Fe und Co ist, wobei dieser Bogensegmentmagnet einen Sauerstoffgehalt von 0,3 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets, eine Dichte von 7,56 g/cm<sup>3</sup> oder mehr, eine Koerzitivfeldstärke iHc von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr bei Raumtemperatur und eine Orientierung  $[Br_{\parallel}/(Br_{\parallel} + Br_{\perp})] \times 100$  (%) von 85,5% oder mehr bei Raumtemperatur aufweist, wobei diese Orientierung durch die magnetische Restflussdichte  $Br_{\parallel}$  in radialer Richtung und die magnetische Restflussdichte  $Br_{\perp}$  in axialer Richtung, rechtwinklig zu dieser radialen Richtung, definiert ist.

Dieser Bogensegmentmagnet ist vorzugsweise nur 1–4 mm dick und verfügt über eine Länge von 40–100 mm in axialer Richtung.

Ein radial anisotroper Ringmagnet mit einem Innendurchmesser von 100 mm oder weniger gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung besteht aus einem Seltenerd-Sintermagnet mit einem Anteil der Hauptkomponenten von 28–33 Gew.-% R und 0,8–1,5 Gew.-% B, wobei der Rest im Wesentlichen Fe ist und R mindestens ein Seltenerdelement, einschließlich Y, ist, und T Fe oder Fe und Co ist, wobei dieser Ringmagnet einen Sauerstoffgehalt von 0,3 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets, eine Dichte von 7,56 g/cm<sup>3</sup> oder mehr, eine Koerzitivfeldstärke iHc von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr bei Raumtemperatur und eine Orientierung  $[Br_{\parallel}/(Br_{\parallel} + Br_{\perp})] \times 100$  (%) von 85,5% oder mehr bei Raumtemperatur aufweist, wobei diese Orientierung durch die magnetische Restflussdichte  $Br_{\parallel}$  in radialer Richtung und die magnetische Restflussdichte  $Br_{\perp}$  in axialer Richtung, rechtwinklig zu dieser radialen Richtung, definiert ist. Der Ringmagnet verfügt vorzugsweise über durch Sintern miteinander verbundene Teile.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Herstellen eines Seltenerd-Sintermagnets, weist die folgenden Schritte auf: feines Pulverisieren einer Legierung für den Seltenerd-Sintermagnet bis auf eine mittlere Teilchengröße von 1–10 µm in nichtoxidierender Atmosphäre; Eingeben des erhaltenen feinen Pulvers in ein Flüssigkeitsgemisch von 99,7–99,99 Gewichtsteilen mindestens eines aus der aus Mineralöl, synthetischem Öl und pflanzlichem Öl bestehenden Gruppe ausgewählten Öls und 0,01–0,3 Gewichtsteilen eines nichtionischen und/oder anionischen oberflächenaktiven Mittels; Formen des sich ergebenden Aufschlammungsgemischs in einem Magnetfeld und Ausführen von Vorgängen zum Entfernen von Öl, zum Sintern und zur Wärmebehandlung in dieser Reihenfolge. Der Seltenerd-Sintermagnet verfügt vorzugsweise über eine Hauptphase aus einer intermetallischen  $R_2T_{14}B$ -Verbindung, wobei R mindestens eines der Seltenerdelemente, einschließlich Y, ist, und T Fe oder Fe und Co ist. Der Formvorgang in einem Magnetfeld ist vorzugsweise Kompressionsformen, und der komprimierte Grünkörper weist vorzugsweise eine Dichteverteilung von 4,3–4,7 g/cm<sup>3</sup> auf.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen dem Typ eines einer Aufschlammung zugesetzten oberflächenaktiven Mittels und der Dichte eines aus der Aufschlammung hergestellten Grünkörpers zeigt;

Fig. 2 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen dem Typ eines einer Aufschlammung zugesetzten oberflächenaktiven Mittels und dem Ölgehalt in einem aus der Aufschlammung hergestellten Grünkörper zeigt;

Fig. 3 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen dem Typ eines einer Aufschlammung zugesetzten oberflächenaktiven Mittels und dem Schrumpfungsverhältnis eines aus der Aufschlammung hergestellten Grünkörpers zeigt;

Fig. 4 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Menge eines zugesetzten oberflächenaktiven Mittels und der Dichte eines Grünkörpers zeigt;

Fig. 5 ist ein Diagramm, das ein Röntgenbeugungsmuster eines Sintermagnets auf RTB-Basis gemäß einem Beispiel 1 zeigt;

Fig. 6 ist ein Diagramm, das ein Röntgenbeugungsmuster eines Sintermagnets auf RTB-Basis gemäß einem Vergleichsbeispiel 1 zeigt;

Fig. 7 ist eine perspektivische Ansicht, die ein Beispiel eines erfindungsgemäßen Bogensegmentmagnets mit Parallelanisotropie zeigt;

Fig. 8 ist eine perspektivische Ansicht, die ein Beispiel eines erfindungsgemäßen Bogensegmentmagnets mit Radialanisotropie zeigt;

Fig. 9 ist ein Teilschnitt, der ein Beispiel einer bei der Erfindung verwendeten Aufschlammungs-Zuführvorrichtung zeigt;

Fig. 10 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Dichte eines Grünkörpers für einen Radialring und dem Formungsdruck zeigt;

Fig. 11 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Dichte eines Grünkörpers für einen Radialring und der Menge eines einer Aufschlammung zugesetzten oberflächenaktiven Mittels zeigt;

Fig. 12 ist ein Teilschnitt, der ein Beispiel einer bei der Erfindung verwendeten Formungsvorrichtung zeigt;

Fig. 13(a) ist eine perspektivische Ansicht, die zeigt, wie aus dem erfindungsgemäßen Radialring eine Probe herausgeschnitten wird;

Fig. 13(b) ist eine Schnittansicht entlang der Linie A-A in Fig. 13(a);

Fig. 14(a) ist eine Ansicht, die die Verteilung der Magnetflussdichte an der Oberfläche eines erfindungsgemäßen Radialrings mit durch Sintern verbundenen Teilen zeigt; und

Fig. 14(b) ist eine Ansicht, die die Radialanisotropie des Radialrings der Fig. 14(a) zeigt.

## DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

### [1] Zusammensetzung eines Seltenerd-Sintermagnets

Die bevorzugten Seltenerd-Sintermagnete für einen Bogensegmentmagnet und einen Ringmagnet sind solche mit intermetallischen Verbindungen vom  $R_2T_{14}B$ -Typ als Hauptphase. Diese Seltenerd-Sintermagnete werden als Sintermagnete vom  $R_2T_{14}B$ -Typ bezeichnet.

#### (A) Erster Sintermagnet vom $R_2T_{14}B$ -Typ

Die bevorzugte Zusammensetzung eines ersten Sintermagneten vom  $R_2T_{14}B$ -Typ verfügt über 28–33 Gew.-% R und 0,8–1,5 Gew.-% B, wobei der Rest im wesentlichen Fe ist und wobei R mindestens eines der Seltenerdelemente, einschließlich Y, ist und T Fe oder Fe und Co ist.

Um gute magnetische Eigenschaften und gute Orientierung zu erzielen, beträgt die Menge an R 28–33 Gew.-%, vorzugsweise 28–32 Gew.-%, bevorzugter 28–31 Gew.-%. Wenn die Menge an R weniger als 28 Gew.-% beträgt, kann der gewünschte iHc-Wert nicht erzielt werden. Wenn dagegen die Menge an R 33 Gew.-% überschreitet, kann die gewünschte Orientierung nicht erzielt werden. Um die gewünschten Werte für iHc und die Orientierung zu erzielen, ist R vorzugsweise Nd + Dy oder Nd + Dy + Pr, und die Menge an Dy beträgt vorzugsweise 0,3–10 Gew.-%, bevorzugter 0,5–8 Gew.-% bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets. Wenn die Menge an Dy kleiner als 0,3 Gew.-% beträgt, können keine ausreichenden Effekte aus der Zugabe von Dy erzielt werden. Wenn sie dagegen 10 Gew.-% überschreitet, nimmt der Wert Br ab, wodurch die gewünschte Orientierung nicht erzielt werden kann.

Die Menge an B beträgt 0,8–1,5 Gew.-%, vorzugsweise 0,85–1,2 Gew.-%. Wenn die Menge an B weniger als 0,8 Gew.-% beträgt, ist es schwierig, einen iHc-Wert von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr zu erzielen. Wenn dagegen die Menge an B mehr als 1,5 Gew.-% beträgt, kann die gewünschte Orientierung nicht erzielt werden.

T ist Fe oder Fe + Co. Der Einschluss von Co verbessert die Korrosionsbeständigkeit und hebt die Curietemperatur an, wodurch die Wärmebeständigkeit des Sintermagnets vom  $R_2T_{14}B$ -Typ verbessert wird. Wenn jedoch die Menge an Co 5 Gew.-% bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets überschreitet, entstehen für die magnetischen Eigenschaften schädliche Fe-Co-Phasen, was zu einer drastischen Abnahme der Werte Br und iHc führt. Demgemäß beträgt die Menge an Co vorzugsweise 5 Gew.-% oder weniger. Wenn dagegen die Menge an Co weniger als 0,5 Gew.-% beträgt, können keine Effekte hinsichtlich einer Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit und der Wärmebeständigkeit erzielt werden. Demgemäß beträgt die Menge an Co vorzugsweise 0,5–5 Gew.-%.

Die Menge an als unvermeidliche Verunreinigung enthaltenem Sauerstoff beträgt 0,3 Gew.-% oder weniger, vorzugsweise 0,2 Gew.-% oder weniger, bevorzugter 0,18 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets. Bei einem auf 0,3 Gew.-% oder weniger gesenkten Sauerstoffgehalt kann die Dichte eines Sinterkörpers auf ein Niveau angehoben werden, das extrem dicht bei der theoretischen Dichte liegt, insbesondere kann eine Sinterkörperdichte von 7,56 g/cm<sup>3</sup> oder mehr auf stabile Weise erzielt werden. Ferner ist es durch geeignetes Auswählen der Anteile der Hauptkomponenten, der mittleren Teilchengröße eines feinen Pulvers und der Sinter Temperatur usw. möglich, eine Sinterkörperdichte von 7,58 g/cm<sup>3</sup> oder mehr, sogar von 7,59 g/cm<sup>3</sup> oder mehr zu erzielen.

Die Menge an als unvermeidliche Verunreinigung enthaltenem Kohlenstoff beträgt vorzugsweise 0,10 Gew.-% oder weniger, bevorzugter 0,07 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets. Eine Verringerung des Kohlenstoffgehalts unterdrückt die Entstehung von Seltenerdcarbiden, was zu einer Erhöhung von iHc. (BH)<sub>max</sub> usw. führt.

Die Menge von als unvermeidliche Verunreinigung enthaltenem Stickstoff beträgt vorzugsweise 0,15 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets. Wenn der Stickstoffgehalt 0,15 Gew.-% überschreitet, fällt der Wert von Br drastisch. Übrigens beträgt die untere Grenze des Stickstoffgehalts praktisch ungefähr 0,002 Gew.-%. Auf einem Bogensegmentmagnet und einem Ringmagnet wird eine Beschichtung zur Oberflächenbehandlung, wie Ni-Platierung usw. ausgeführt, und es wird gute Korrosionsbeständigkeit erzielt, wenn der Stickstoffgehalt 0,15 Gew.-% oder weniger beträgt.

Im Fall der Verwendung von durch ein Reduktionsdiffusionsverfahren unter Verwendung von Ca als Reduktionsmittel hergestellten RTB-Legierungen wird die Menge an Ca vorzugsweise auf 0,1 Gew.-% oder weniger, bevorzugter 0,03 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets gesenkt, um die gewünschten Werte für iHc und die Orientierung zu erzielen.

#### (B) Zweiter Sintermagnet vom $R_2T_{14}B$ -Typ

Die bevorzugte Zusammensetzung eines zweiten Sintermagneten vom  $R_2T_{14}B$ -Typ verfügt über 28–33 Gew.-% R, 0,8–1,5 Gew.-% B und 0,6 Gew.-%  $M_1$ , wobei der Rest im Wesentlichen Fe ist und R und T dieselben wie beim Sintermagnet des ersten  $R_2T_{14}B$ -Typs sind und  $M_1$  mindestens ein aus der Nb, Mo, W, V, Ta, Cr, Ti, Zr und Hf bestehenden Gruppe ausgewähltes Element ist. Das Sintermagnete vom zweiten  $R_2T_{14}B$ -Typ mit Ausnahme von  $M_1$  mit solchen des ersten  $R_2T_{14}B$ -Typs übereinstimmen, erfolgt hier eine Erläuterung nur zu  $M_1$ .

Die Menge eines Metallelements  $M_1$  mit hohem Schmelzpunkt beträgt 0,6 Gew.-% oder weniger, bevorzugt 0,01–0,6 Gew.-%, um magnetische Eigenschaften zu verbessern. Bei 0,6 Gew.-% oder weniger an  $M_1$  wird übermäßiges Wachstum von Kristallkörnern der Hauptphase während des Sinterprozesses unterdrückt, um es dadurch zu ermöglichen, einen stabilen Wert von iHc von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr zu erzielen. Wenn jedoch der Gehalt an  $M_1$  0,6 Gew.-% überschreitet, wird das normale Wachstum von Kristallkörnern der Hauptphase eher behindert, was zu einer Verringerung von Br führt. Wenn dagegen der Gehalt an  $M_1$  weniger als 0,01 Gew.-% beträgt, können keine Wirkungen dahingehend erzielt werden, dass  $M_1$  magnetische Eigenschaften verbessern würde.

#### (C) Dritter Sintermagnet vom $R_2T_{14}B$ -Typ

Die bevorzugte Zusammensetzung eines dritten Sintermagneten vom  $R_2T_{14}B$ -Typ ist 28–33 Gew.-% R, 0,8–1,5 Gew.-% B, 0,6 Gew.-%  $M_1$  und 0,01–0,4 Gew.-%  $M_2$ , wobei der Rest im Wesentlichen aus Fe besteht und wobei R, T und  $M_1$  dieselben wie bei Sintermagneten des zweiten  $R_2T_{14}B$ -Typs sind und  $M_2$  mindestens ein aus der aus Al, Ga und Cu bestehenden Gruppe ausgewähltes Element ist. Da ein Sintermagnet vom dritten  $R_2T_{14}B$ -Typ mit Ausnahme von  $M_2$  mit einem solchen vom zweiten  $R_2T_{14}B$ -Typ übereinstimmt, erfolgt hier eine Erläuterung nur zu  $M_2$ .

Die Menge an  $M_2$  beträgt 0,01–0,4 Gew.-%. Hinsichtlich eines jeden Elements trägt der Einschluss von Al zu einer Erhöhung von iHc bei, was zu einer Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit führt. Wenn die Menge an Al mehr als 0,3 Gew.-% beträgt, fällt Br drastisch. Wenn dagegen die Menge an Al weniger als 0,01 Gew.-% beträgt, können keine Effekte hinsichtlich einer Verbesserung von iHc und der Korrosionsbeständigkeit erzielt werden. Der Einschluss von Ga trägt zu einer merklichen Erhöhung von iHc bei. Wenn die Menge an Ga mehr als 0,3 Gew.-% beträgt, fällt Br drastisch. Wenn dagegen die Menge an Ga weniger als 0,01 Gew.-% beträgt, können keine Effekte hinsichtlich einer Verbesserung von iHc erzielt werden. Der Einschluss einer Spurenmenge an Cu trägt zu einer Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit und einer Erhöhung von iHc bei. Wenn die Menge an Cu mehr als 0,3 Gew.-% beträgt, fällt Br drastisch. Wenn dagegen die Menge an Cu weniger als 0,01 Gew.-% beträgt, können keine Wirkungen hinsichtlich einer Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit und von iHc erzielt werden. Wenn zwei oder mehr der Elemente Al, Ga und Cu enthalten sind, ist die angegebene Menge an  $M_2$  deren Gesamtmenge.

#### (D) Anderer Seltenerd-Sintermagnet

Zusätzlich zu Sintermagneten vom  $R_2T_{14}B$ -Typ können bei der Erfindung verwendbare Sintermagnete aus  $SmCo_5$  oder  $S_2TM_{17}$  bestehen, wobei TM Co, Fe, Cu und  $M'$  ist, wobei  $M'$  mindestens ein aus der aus Zr, Hf, Ti und V bestehenden Gruppe ausgewähltes Element ist.

#### [2] Bogensegmentmagnet

Der erste erfindungsgemäße Bogensegmentmagnet verfügt über einen Sauerstoffgehalt von 0,3 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets, eine Dichte von 7,56 g/cm<sup>3</sup> oder mehr, eine Koerzitivfeldstärke iHc von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr bei Raumtemperatur und eine Orientierung  $Br/4\pi I_{\max}$  von 96% oder mehr in einer für Anisotropie sorgenden Richtung bei Raumtemperatur. Hierbei ist  $4\pi I_{\max}$  der Maximalwert von  $4\pi I$  in einer  $4\pi I$ -H-Kurve, wobei  $4\pi I$  die Magnetisierungsstärke ist und  $I$  die Magnetfeldstärke ist. Br ist die magnetische Restflussdichte.

Der erste Bogensegmentmagnet verfügt vorzugsweise über eine Dicke von nur 1–4 mm. Wenn die Dicke des Bogensegmentmagnets weniger als 1 mm beträgt, ist eine Beeinträchtigung der magnetischen Eigenschaften in einer Umgebung mit hoher Temperatur beträchtlich, was zu schlechter Praxisgerechtigkeit führt. Wenn dagegen die Dicke des Bogensegmentmagnets mehr als 4 mm beträgt, ist es schwierig, den jüngsten Forderungen zu genügen, Magneterzeugnisse dünner, kleiner und mit höherem Funktionsvermögen auszubilden. Die Dicke des Bogensegmentmagnets beträgt vorzugsweise 1–3 mm, bevorzugter 1–2 mm.

Aus dem Gesichtspunkt der Praxisgerechtigkeit heraus, verfügt der Bogensegmentmagnet vorzugsweise über Parallelanisotropie, und er weist vorzugsweise einen Mittenwinkel von 20–180° aus. Die axiale Länge des Bogensegmentmagnets beträgt vorzugsweise 40–100 mm, bevorzugter 50–100 mm, insbesondere 60–100 mm. Auch weist er vorzugsweise ein Verhältnis  $I(105)/I(006)$  von 0,5–0,8 auf, wobei  $I(105)$  die Intensität eines Röntgenbeugungspeaks von einer

(105)-Ebene repräsentiert und I(006) die Intensität eines Röntgenbeugungspeaks von einer (106)-Ebene repräsentiert.

Der zweite erfindungsgemäße Bogensegmentmagnet verfügt über Radialanisotropie bei einem Innendurchmesser von 100 mm oder weniger, vorzugsweise 50 mm oder weniger. Die Orientierung  $[\text{Br}_{\parallel}/(\text{Br}_{\parallel} + \text{Br}_{\perp})] \times 100 (\%)$ , die durch die magnetische Restflussdichte  $\text{Br}_{\parallel}$  in radialer Richtung und die magnetische Restflussdichte  $\text{Br}_{\perp}$  in axialer Richtung rechtwinklig zur radialen Richtung definiert ist, beträgt bei Raumtemperatur 85,5% oder mehr, vorzugsweise 86,5% oder mehr.

Der erste und zweite Bogensegmentmagnet, die den obigen Bedingungen genügen, weisen selbst bei kleinem Krümmungsradius hohe Werte von  $iH_c$  und der Orientierung auf.

### [3] Ringmagnet

Ein erfindungsgemäßer radial anisotroper Ringmagnet verfügt über einen Sauerstoffgehalt von 0,3 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets, eine Dichte von  $7,56 \text{ g/cm}^3$  oder mehr, eine Koerzitivfeldstärke  $iH_c$  von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr bei Raumtemperatur und eine Orientierung  $[\text{Br}_{\parallel}/(\text{Br}_{\parallel} + \text{Br}_{\perp})] \times 100 (\%)$  von 85,5% oder mehr bei Raumtemperatur. Die Orientierung ist durch die magnetische Restflussdichte  $\text{Br}_{\parallel}$  in radialer Richtung und die magnetische Restflussdichte  $\text{Br}_{\perp}$  in axialer Richtung rechtwinklig zur radialen Richtung definiert. Der Innendurchmesser des Ringmagnets beträgt 100 mm oder weniger, vorzugsweise 50 mm oder weniger. Aus dem Gesichtspunkt der Praxisgerechtigkeit heraus, weist der Ringmagnet vorzugsweise durch Sintern verbundene Teile auf.

Der den obigen Bedingungen genügende Ringmagnet weist selbst bei kleinem Krümmungsradius hohe Werte von  $iH_c$  und der Orientierung auf.

### [4] Herstellverfahren für Seltenerd-Sintermagnete

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Herstellen eines Seltenerd-Sintermagnets verfügt über die Schritte des feinen Pulverisierens einer Legierung für den Seltenerd-Sintermagnet bis auf eine mittlere Teilchengröße von 1–10  $\mu\text{m}$  in nicht oxidierender Atmosphäre; des Eingebens des sich ergebenden feinen Pulvers in ein Flüssigkeitsgemisch, das 99,7–99,99 Gewichtsteile mindestens eines aus der aus Mineralöl, synthetischem Öl und pflanzlichem Öl bestehenden Gruppe ausgewähltes Öl und 0,01–0,3 Gewichtsteile eines nicht ionischen und/oder eines anionischen oberflächenaktiven Mittels enthält, des Unterziehens des sich ergebenden Aufschlammungsgemisches einem Formungsvorgang in einem Magnetfeld; und des Ausführens von Vorgängen zum Entfernen des Öls, zum Sintern und zum Wärmebehandeln in dieser Reihenfolge.

#### (A) Feinpulverisierung

Die Feinpulverisierung einer Legierung wird durch ein Trockenpulverisierungsverfahren oder ein Nasspulverisierungsverfahren ausgeführt. Ein Trockenpulverisierungsverfahren wird durch eine Strahlmühle usw. in Inertgasatmosphäre mit einer Sauerstoffkonzentration von 0,1 Volumen-% oder weniger, vorzugsweise 0,01 Volumen-% ausgeführt. Ein Nasspulverisierungsverfahren wird durch eine Nasskugelmühle usw. bei nicht oxidierenden Bedingungen ausgeführt.

Die mittlere Teilchengröße des feinen Pulvers beträgt vorzugsweise 1–10  $\mu\text{m}$ , bevorzugter 3–6  $\mu\text{m}$ . Wenn die mittlere Teilchengröße kleiner als 1  $\mu\text{m}$  ist, ist der Pulverisierungswirkungsgrad für das feine Pulver extrem niedrig. Andererseits sind, wenn sie 10  $\mu\text{m}$  überschreitet, die Werte von  $iH_c$  und der Orientierung drastisch verringert.

#### (B) Herstellen einer Aufschlammung

Nach der Feinpulverisierung wird das feine Pulver aus der Inertgasatmosphäre unmittelbar, ohne Kontakt mit der Luft in ein Flüssigkeitsgemisch eingegeben, das 99,7–99,99 Gewichtsteile mindestens eines aus der aus einem Mineralöl, einem synthetischen Öl und einem pflanzlichen Öl bestehenden Gruppe ausgewähltes Öl und 0,01–0,3 Gewichtsteile eines nichtionischen und/oder eines anionischen oberflächenaktiven Mittels enthält, um dadurch eine Aufschlammung zu erzeugen. Während dieses Schritts wird verhindert, dass das feine Pulver in Kontakt mit der Luft gelangt, um dadurch Oxidation und Wasseradsorption im Wesentlichen zu vermeiden.

Zu bei der Erfindung verwendbaren oberflächenaktiven Mitteln gehören nichtionische und anionische oberflächenaktive Mittel. Diese oberflächenaktiven Mittel können alleine oder in Kombination verwendet werden.

Zu bei der Erfindung nützlichen nichtionischen oberflächenaktiven Mitteln gehören solche vom Polyethylenglycol-Typ und solche vom Typ mit mehrwertigem Alkohol. Oberflächenaktive Mittel vom Polyethylenglycol-Typ können Ethylenoxidaddukte höherer Alkohole, Alkylphenole, aliphatische Säuren, Ester von mehrwertigen Alkoholen mit aliphatischen Säuren, höhere Alkylamine, Amide von aliphatischen Säuren, Öle und Fette, Polypropylenglycol usw. sein. Oberflächenaktive Mittel vom Typ mit mehrwertigem Alkohol können Ester aliphatischer Säuren mit Glycerol, Pentaerythritol, Sorbitol, Sorbitan, Sucrose usw., Alkylether mehrwertiger Alkohole, Amide aliphatischer Säuren mit Alkanolaminen usw. sein. Unter diesen sind Ethylenoxidaddukte höherer Alkylamine, Ester aliphatischer Säuren mit Glycerol, Ester aliphatischer Säuren mit Sorbitol, Ester aliphatischer Säuren mit Sorbitan und Alkylether mehrwertiger Alkohole bevorzugt.

Zu bei der Erfindung nützlichen anionischen oberflächenaktiven Mitteln gehören z. B. spezielle makromolekulare oberflächenaktive Mittel und spezielle makromolekulare oberflächenaktive Mittel vom Typ mit Polycarbonsäure.

#### (C) Formen im Magnetfeld

Die Aufschlammung wird in einem Magnetfeld geformt. Zu Formungsverfahren für einen Bogensegmentmagnet in ei-

dem Magnetfeld gehören die folgenden: ein Formungsverfahren in einem Vertikalmagnetfeld, bei dem die Kompressionsrichtung im Wesentlichen parallel zur Magnetfeldrichtung verläuft; ein Formungsverfahren in einem transversalen Magnetfeld, bei dem die Kompressionsrichtung im Wesentlichen rechtwinklig zur Magnetfeldrichtung verläuft; und ein Formungsverfahren in einem radialen Magnetfeld. Es besteht die Tendenz, dass die Orientierung beim Formen in einem transversalen Magnetfeld kleiner als beim Formen in einem vertikalen Magnetfeld und beim Formen in einem radialen Magnetfeld ist. Das Verfahren zum Formen in einem Magnetfeld ist vorzugsweise ein Kompressionsformungsverfahren, und der komprimierte Grünkörper weist vorzugsweise eine Dichteverteilung von 4,3–4,7 g/cm<sup>3</sup> auf. Um eine Beeinträchtigung magnetischer Eigenschaften durch Oxidation des Grünkörpers zu verhindern, wird der Grünkörper unmittelbar nach dem Formen vorzugsweise in einem Öl aufbewahrt, bis er dem Entfernen des Öls unterzogen wird.

#### (D) Entfernen von Öl

Wenn der Grünkörper schnell von Raumtemperatur auf die Sintertemperatur erhitzt wird, reagiert in ihm verbliebenes Öl mit den Seltenerdelementen, um Seltenerdcarbide zu erzeugen, was zu einer Beeinträchtigung magnetischer Eigenschaften führt. Demgemäß ist es bevorzugt, eine Behandlung zum Entfernen von Öl dadurch auszuführen, dass der Grünkörper für 30 Minuten oder länger bei einem Unterdruck von 13,3 Pa ( $10^{-1}$  Torr) oder weniger auf eine Temperatur von 100–500 °C erhitzt wird. Durch diese Behandlung zum Entfernen von Öl wird im Grünkörper verbliebenes Öl vollständig entfernt. Übrigens muss die Behandlung zum Entfernen von Öl nicht durch einen einzelnen Schritt ausgeführt werden, solange sie innerhalb eines Temperaturbereichs von 100–500°C ausgeführt wird, sondern sie kann durch mehrere Schritte ausgeführt werden. Auch kann das Entfernen von Öl wirkungsvoll ausgeführt werden, wenn die Temperaturerhöhungsgeschwindigkeit von Raumtemperatur auf 500°C vorzugsweise 10°C/Min. oder weniger, bevorzugter 5°C/Min. oder weniger beträgt.

Aus den Gesichtspunkten des Entferns des Öls und der Formbarkeit weisen Mineralöle, synthetische Öle, pflanzliche Öle oder Gemische derselben vorzugsweise Destillationspunkte der Fraktionen von 350°C oder weniger auf. Hinsichtlich der kinetischen Viskosität bei Raumtemperatur ist es bevorzugt, dass diese 10 cSt oder weniger, bevorzugter 5 cSt oder weniger beträgt.

#### (E) Sintern und Wärmebehandlung

Die Bedingungen beim Sintern und der Wärmebehandlung des vom Öl befreiten Grünkörpers können dieselben sein, wie sie für übliche Seltenerd-Sintermagnete verwendet werden.

Nun wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die folgenden Beispiele detaillierter beschrieben, ohne dass dadurch die Erfindung hierauf beschränkt werden soll.

#### BEISPIEL 1

Es wurde ein grobes Legierungspulver hergestellt, das Folgendes enthielt: 22,6 Gew.-% Nd, 6,3 Gew.-% Pr, 1,3 Gew.-% Dy, 1,0 Gew.-% B, 0,2 Gew.-% Nb, 0,15 Gew.-% Al, 2,0 Gew.-% Co, 0,08 Gew.-% Ga und 0,1 Gew.-% Cu, bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung, wobei der Rest im Wesentlichen aus Fe und unvermeidlichen Verunreinigungen bestand. Dieses Pulver wurde durch eine Strahlmühle in Stickstoffgasatmosphäre mit einer Sauerstoffkonzentration von volumemäßig 10 ppm oder weniger fein pulverisiert. Das sich ergebende feine Pulver mit einer mittleren Teilchengröße von 4,0 µm wurde direkt, in der Stickstoffgasatmosphäre, ohne Kontakt mit der Luft, in ein Mineralöl (Handelsname "Idemitsu Supper Sol PA-30", verfügbar von Idemitsu Kosan Co., Ltd.) eingegeben, das einen Ester von Glycerol mit aliphatischen Säuren (Ölsäuremonoglycerid, Handelsname "Emasol M0-50", verfügbar von Kao Corp.) enthielt, um eine Aufschlammung zu erzeugen. Die sich ergebende Aufschlammung verfügte über eine Zusammensetzung mit 70 Gewichtsteilen des feinen Pulvers, 29,93 Gewichtsteilen Mineralöl und 0,06 Gewichtsteilen des Esters aliphatischer Säuren mit Glycerol.

Diese Aufschlammung wurde in den Hohlraum eines Formungswerkzeugs gefüllt, um einen Kompressionsformungsvorgang bei den folgenden Bedingungen auszuführen: transversales Ausrichtungsmagnetfeld mit einer Stärke von 1,0 MA/m (13 kOe) und Formungsdruck von 98 MPa (1,0 Tonnen/cm<sup>2</sup>), um dadurch einen rechteckigen, plattenförmigen Grünkörper mit Anisotropie in der Dickenrichtung zu erzeugen. Dieser Grünkörper wurde bei einem Unterdruck von ungefähr 66,5 Pa ( $5 \times 10^{-1}$  Torr) für eine Stunde auf 200°C erhitzt, um Öl zu entfernen. Dann wurde er für zwei Stunden bei einem Unterdruck von ungefähr  $4,0 \times 10^{-3}$  Pa (ungefähr  $3 \times 10^{-5}$  Torr) bei 1.070°C gesintert und anschließend auf Raumtemperatur abgekühlt. Der sich ergebende Sinterkörper wurde einer Wärmebehandlung unterzogen, die aus Folgendem bestand: Erwärmen auf 900°C für 2 Stunden in Ar-Atmosphäre, Abkühlen auf 480°C, Aufbewahren bei 480°C für 1 Stunde, Abkühlen auf 460°C, Aufbewahren bei 460°C für 1 Stunde und anschließendes Abkühlen auf Raumtemperatur, um einen rechteckigen, plattenförmigen Sintermagnet auf RTB-Basis zu erhalten.

Der vorstehend genannte Sinterkörper wurde auf eine gewünschte Form bearbeitet und dann mit einer mittleren Dicke von 15 µm mit einem Epoxidharz beschichtet. In einem impulsförmigen Magnetfeld von 11,9 MA/m (150 kOe) bei Raumtemperatur (20°C) wurden magnetische Eigenschaften in einer für magnetische Anisotropie sorgenden Richtung gemessen. Hier bedeutet "für magnetische Anisotropie sorgende Richtung" die Richtung, in der der Magnet die höchste magnetische Restflussdichte Br zeigt. Messungen wurden auch zur Dichte und zum Sauerstoffgehalt ausgeführt. Die Messergebnisse sind in der Tabelle 1 dargestellt.

#### BEISPIELE 2, 3

Sintermagnete auf RTB-Basis wurden auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 1 mit der Ausnahme hergestellt, dass beim Beispiel 2 ein nichtionisches oberflächenaktives Mittel (Polyoxyethylenalkylamin, Handelsname "Amiet 105", verfü-

bar von Kao Corp.) verwendet wurde und beim Beispiel 3 ein anderes nichtionisches oberflächenaktives Mittel (Sorbitantriöleat, Handelsname "Rheodol SP-030", verfügbar von Kao Corp.) verwendet wurde. Es wurden magnetische Eigenschaften, die Dichte und der Sauerstoffgehalt gemessen. Die Messergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

#### BEISPIELE 4, 5

Sintermagnete auf RTB-Basis wurden auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 1 mit der Ausnahme hergestellt, dass beim Beispiel 4 ein anionisches oberflächenaktives Mittel (spezielles makromolekulares oberflächenaktives Mittel, Handelsname "Homogenol L-95", verfügbar von Kao Corp.) verwendet wurde und beim Beispiel 5 ein anderes anionisches oberflächenaktives Mittel (spezielles makromolekulares oberflächenaktives Mittel vom Typ mit Polycarbonsäure, Handelsname "Homogenol L-18", verfügbar von Kao Corp.) verwendet wurde. Es wurden magnetische Eigenschaften, die Dichte und der Sauerstoffgehalt gemessen. Die Messergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

#### VERGLEICHBSBEISPIEL 1

Sintermagnete auf RTB-Basis wurden auf dieselbe Weise wie beim Beispiel mit der Ausnahme hergestellt, dass eine Aufschlammung verwendet wurde, die das obige feine Pulver und ein Mineralöl, jedoch kein oberflächenaktives Mittel enthält. Magnetische Eigenschaften, die Dichte und der Sauerstoffgehalt wurden gemessen. Die Messergebnisse sind in Tabelle 1 angegeben.

#### VERGLEICHBSBEISPIEL 2

Sintermagnete auf RTB-Basis wurden auf dieselbe Weise wie beim Beispiel mit der Ausnahme hergestellt, dass eine Aufschlammung verwendet wurde, die das feine Pulver des Beispiels 1, ein Mineralöl und 0,04%, bezogen auf das Gesamtgewicht des feinen Pulvers, Ölsäure enthält (Konzentration des feinen Pulvers in der Aufschlammung: ungefähr 70%). Die Messergebnisse sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1

Nr.	oberflächenaktives Mittel	$Br/4\pi I_{\max}$ (%)	$iH_c$ (MA/m) (kOe)	$(BH)_{\max}$ (kJ/m <sup>3</sup> ) (MGOe)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Sauerstoff (Gew.-%)
Beisp. 1	Ölsäure-monoglycerid	96.7	1.22 15.3	396 49.7	7.60	0.14
Beisp. 2	Polyoxyethylen-alkylamin	97.1	1.21 15.2	393 49.4	7.59	0.14
Beisp. 3	Sorbitantriöleat	97.1	1.21 15.2	391 49.1	7.59	0.14
Beisp. 4	spez. makromol. oberflächenakt. Mittel	96.9	1.17 14.7	391 49.1	7.59	0.14
Beisp. 5	oberflächenakt. Mit. vom Polycarbonsäure-Typ*	96.1	1.19 15.0	389 48.9	7.59	0.14
Vergl. bei. 1	keines	95.1	1.23 15.5	377 47.4	7.60	0.12
Vergl. bei. 2	Ölsäure	95.6	1.00 12.6	357 44.9	7.60	0.18

**Hinweis \*: spezielles makromolekulares oberflächenaktives Mittel vom Polycarbonsäure-Typ**

Aus Tabelle 1 ist es deutlich, dass jeder Sintermagnet der Beispiele 1–3, die aus einer ein nichtionisches oberflächenaktives Mittel enthaltenden Aufschlammung hergestellt wurden, und jeder Sintermagnet der Beispiele 4 und 5, die aus einer ein anionisches oberflächenaktives Mittel enthaltenden Aufschlammung hergestellt wurden, gegenüber dem Sintermagnet des Vergleichsbeispiels 1, der aus einer kein oberflächenaktives Mittel enthaltenden Aufschlammung hergestellt worden war, verbesserte Werte von  $Br/4\pi I_{\max}$  und  $(BH)_{\max}$  aufwiesen, wobei praktisch derselbe Wert von  $iH_c$  vorlag.

Zwar wies der aus einer Ölsäure enthaltenden Aufschlammung hergestellte Sintermagnet des Vergleichsbeispiels 2 einen verbesserten Wert von  $Br/4\pi I_{\max}$  gegenüber dem Sintermagnet des Vergleichsbeispiels 1 auf, jedoch war er nicht nur hinsichtlich des Werts von  $Br/4\pi I_{\max}$  sondern auch hinsichtlich des Werts von  $iH_c$  schlechter als diejenigen der obigen Beispiele. Dies aufgrund der Tatsache, dass die Menge an verbliebenen Kohlenstoff in Sintermagneten des Vergleichsbeispiels 2 den hohen Wert von 0,11 Gew.-% aufwies ohne wesentlichen Unterschied.

Übrigens lag der Kohlenstoffgehalt in jedem Sintermagnet bei jedem der Beispiele und beim Vergleichsbeispiel 1 im Bereich von 0,06–0,07 Gew.-%, ohne wesentlichen Unterschied. Auch lag der Stickstoffgehalt bei jedem Beispiel und jedem Vergleichsbeispiel im Bereich von 0,02–0,03 Gew.-%, ohne wesentlichen Unterschied.



Fig. 1 zeigt die typische Dichte  $\rho_g$  jedes Grünkörpers bei den Beispielen 1–5 und bei den Vergleichsbeispielen 1 und 2. Aus Fig. 1 ist es ersichtlich, dass die Dichte  $\rho_g$  jedes Grünkörpers gemäß den Beispielen 1–5 höher als die gemäß den Vergleichsbeispielen 1 und 2 ist.

Fig. 2 zeigt den typischen Ölgehalt jedes Grünkörpers bei den Beispielen 1–5 und den Vergleichsbeispielen 1 und 2. Der Ölgehalt ist wie folgt definiert:  $[(\text{Gewicht des Grünkörpers} - \text{Gewicht des Sinterkörpers}) / \text{Gewicht des Grünkörpers}] \times 100 (\%)$ . Aus Fig. 2 ist es ersichtlich, dass der Ölgehalt jedes Grünkörpers bei den Beispielen 1–5 kleiner als bei den Vergleichsbeispielen 1 und 2 ist. Eine Abnahme des Ölgehalts bedeutet eine Verringerung der Belastung bei einer Behandlung zum Entfernen von Öl.

Fig. 3 zeigt das Schrumpfungsverhältnis jedes Sinterkörpers in einer für Anisotropie sorgenden Richtung bei den Beispielen 1–5 und den Vergleichsbeispielen 1 und 2. Das Schrumpfungsverhältnis ist wie folgt definiert:  $[(\text{mittlere Dicke des Grünkörpers} - \text{mittlere Dicke des Sinterkörpers}) / \text{mittlere Dicke des Grünkörpers}] \times 100 (\%)$ . Aus Fig. 3 ist es ersichtlich, dass das Schrumpfungsverhältnis in der Dickenrichtung bei den Beispielen 1–5 nur 24–26% beträgt, während das Schrumpfungsverhältnis in der Dickenrichtung bei den Vergleichsbeispielen 1 und 2 den hohen Wert von 28–31% aufweist. Demgemäß kann bei der Erfindung ein Sinterkörper mit nahezu Nutzform mit einem Schrumpfungsverhältnis von weniger als 28% in einer für Anisotropie sorgenden Richtung erhalten werden.

## BEISPIEL 6

Ein Kompressionsformungsvorgang in einem transversalen Magnetfeld wurde auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 1 mit der Ausnahme ausgeführt, dass die Menge an Ester von Glycerol mit aliphatischen Säuren (feines Pulver + Ester von Glycerol mit aliphatischen Säuren = 100%) geändert wurde, um einen Grünkörper zu erzeugen. Die Dichte  $\rho_g$  jedes Grünkörpers ist in Fig. 4 dargestellt. Aus Fig. 4 ist es ersichtlich, dass die Dichte  $\rho_g$  proportional zur Zusatzmenge an Ester von Glycerol mit aliphatischen Säuren zunimmt und die Dichte  $\rho_g$  beinahe gesättigt ist, wenn die Menge des Esters aliphatischer Säuren mit Glycerol 0,2 Gew.-% erreicht. Auch ist die Orientierung  $Br/4\pi I_{\max}$  in einer für Anisotropie sorgenden Richtung verstärkt, wenn die Menge an Ester von Glycerol mit aliphatischen Säuren 0,01–0,3 Gew.-% beträgt. Wenn die Menge an Ester von Glycerol mit aliphatischen Säuren weniger als 0,01 Gew.-% beträgt, können durch die Zugabe keine ausreichenden Wirkungen erzielt werden. Demgemäß beträgt die Menge an Ester von Glycerol mit aliphatischen Säuren vorzugsweise 0,01–0,3 Gew.-%, bevorzugter 0,01–0,2 Gew.-% im durch Formen in einem transversalen Magnetfeld hergestellten Sintermagnet auf RTB-Basis.

Aus dem Sintermagnet auf RTB-Basis des Beispiels 1 wurde eine Probe für Röntgenbeugungsmessung ausgeschnitten und in eine Röntgenbeugungsvorrichtung (RU-200BH, verfügbar von Rigaku Denki K. K.) für Röntgenbeugungsmessung mittels eines  $2\theta$ - $\theta$ -Abrasterverfahrens eingesetzt. Die Ergebnisse sind in Fig. 5 dargestellt.  $\text{CuK}\alpha 1$ -Strahlung ( $\lambda = 0,15405 \text{ nm}$ ) wurde unter Verwendung einer Röntgenquelle gemessen. Wie es aus Fig. 5 ersichtlich ist, wurden bei einer intermetallischen Verbindung vom  $\text{R}_2\text{T}_{14}\text{B}$ -Typ als Hauptphase Hauptbeugungspeaks bei  $2\theta = 29,08^\circ$  von einer (004)-Ebene, bei  $2\theta = 38,06^\circ$  von einer (105)-Ebene und bei  $2\theta = 44,34^\circ$  von einer (006)-Ebene erhalten. Wenn angenommen wird, dass die Intensität  $I(106)$  eines Röntgenbeugungspeaks von einer (006)-Ebene 100% beträgt, gelten  $I(004)/I(006) = 0,33$  und  $I(105)/I(006) = 0,63$ .

Als Nächstes wurde aus dem Sintermagnet auf RTB-Basis des Vergleichsbeispiels 1 eine Probe für Röntgenbeugungsmessung ausgeschnitten, und eine solche wurde auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 1 ausgeführt. Die Ergebnisse sind in Fig. 6 dargestellt. Die Hauptbeugungspeaks in Fig. 6 sind dieselben wie in Fig. 5, und es gelten  $I(004)/I(006) = 0,32$  und  $I(105)/I(006) = 0,96$ .

Dieselbe Röntgenbeugungsmessung wurde an jedem der Sintermagnete auf RTB-Basis der Beispiele 2–5 und des Vergleichsbeispiels 2 ausgeführt. Die Ergebnisse zeigten die Proben der Beispiele 2–5 den Wert  $I(105)/I(006) = 0,50$ – $0,80$ , und die Probe des Vergleichsbeispiels 2 zeigte den Wert  $I(105)/I(006) = 0,91$ .

## BEISPIEL 7

### Herstellung und Bewertung gesinterter Bogensegmentmagnete auf RTB-Basis mit Parallelanisotropie

Die Zufuhr und Formung einer Aufschlammung in einem Magnetfeld wurde unter Verwendung einer in Fig. 9 dargestellten Vorrichtung 15 ausgeführt, die Folgendes aufweist: einen Pressring 1, einen unteren Stempel 2, einen Hohlraum 3, einen Zylinder 4, einen Versorgungskopf 5, eine Aufschlammungs-Versorgungsleitung 6, eine Platte 7, eine Gleitplatte 8, einen Versorgungskopfkörper 9, eine Aufschlammungs-Versorgungseinrichtung 10, eine Leitung 11, eine Steuerungsvorrichtung 12 und einen Aufschlammungsbehälter 13.

Die beim Beispiel 1 hergestellte Aufschlammung wurde in den Behälter 13 eingefüllt. Die Aufschlammungs-Zuführleitung 6 wurde durch einen Zylinder (nicht dargestellt) abgesenkt und an einer Position nahe der Unterseite des bogensegmentförmigen Hohlraums 3 (an einer Position nahe der Oberseite des unteren Stempels 2) angehalten. Während die Aufschlammungs-Versorgungsleitung 6 durch einen Zylinder (nicht dargestellt) bis ans obere Ende des Hohlraums 3 angehoben wurde, wurde eine Pumpe 10 zum Ausgeben einer vorbestimmten Menge von Aufschlammung aus dem Behälter 13 über die Leitung 11 und die Aufschlammungs-Zuführleitung 6 in den Hohlraum 3 betrieben. Nach dem Herausziehen der Aufschlammungs-Zuführleitung 6 aus dem Hohlraum 3 wurde der Versorgungskopfkörper durch den Zylinder 4 nach links verschoben. Während ein Ausrichtungsmagnetfeld von 1,0 MA/m (13 kOe) horizontal angelegt wurde, erfolgte ein Kompressionsformungsvorgang in einem transversalen Magnetfeld bei einem Druck von 98 MPa (1 Tonne/cm<sup>2</sup>) durch Verstellen eines oberen Stempels (nicht dargestellt) und des unteren Stempels 2, um einen bogensegmentförmigen Grünkörper 20 mit der in Fig. 7 dargestellten Form auszubilden. Ein Teil 203 des Grünkörpers 20 befindet sich auf der Seite des oberen Stempels. Die Richtung des angelegten Ausrichtungsmagnetfelds war im Wesentlichen eine Richtung rechtwinklig (durch den Pfeil dargestellt) zur Papierebene in Fig. 7, um dadurch einen Grünkörper 20 mit Parallelanisotropie zu erzeugen.

Der Grünkörper 20 wurde entlang gestrichelter Linien in fünf Stücke (Nr. 201–205) zerteilt, um die Dichte  $\rho_g$  jedes Stücks zu messen. Die Messergebnisse sind in Tabelle 2 angegeben. Aus Tabelle 2 ist es ersichtlich, dass der Grünkörper 20 eine Dichte  $\rho_g$  von mehr als  $4,50 \text{ g/cm}^3$  aufwies, mit einer guten Verteilung von  $\rho_g$  dahingehend, dass die Differenz zwischen dem Maximal- und dem Minimalwert von  $\rho_g$  weniger als  $0,2 \text{ g/cm}^3$  betrug.

Anschließend wurde der Grünkörper 20 auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 1 einem Vorgang zum Entfernen von Öl unterzogen, und dann wurde er gesintert und wärmebehandelt. Durch Bearbeiten, bis eine beim Sintern gebildete Haut entfernt war, wurde ein dünner, langer gesintertter Bogensegmentmagnet auf RTB-Basis mit einer Dicke  $T_1$  von 2,8 mm, einer Länge  $L_1$  von 80,0 mm und einem Mittlenwinkel  $\Theta_1$  von  $45^\circ$  erhalten. Dieser gesinterte Bogensegmentmagnet zeigte in einer für Anisotropie sorgenden Richtung ein kleines Schrumpfungsverhältnis von 25,5%, und die Verwindung in einer Richtung  $L_1$ , gemessen in der Mitte des gesinterten Bogensegmentmagnets auf der Seite des Außenumfangs, betrug weniger als 1 mm, was anzeigt, dass die Orientierung  $Br/4\pi I_{\max}$  in einer für Anisotropie sorgenden Richtung gut aufrecht erhalten wurde.

Hinsichtlich eines Bogensegmentmagnets, der dadurch erhalten wurde, dass jeder Sinterkörper auf vorbestimmte Form bearbeitet wurde, wurden magnetische Eigenschaften in einer für Anisotropie sorgenden Richtung bei Raumtemperatur ( $20^\circ\text{C}$ ) gemessen. Im Ergebnis hatte die Orientierung  $Br/4\pi I_{\max}$  den hohen Wert von 96,9%,  $iH_c$  hatte den hohen Wert von  $1,23 \text{ MA/m}$  ( $15,4 \text{ kOe}$ ) und  $(BH)_{\max}$  hatte den hohen Wert von  $396,4 \text{ kJ/m}^3$  ( $49,8 \text{ MGOe}$ ). Auch betrug die Dichte  $7,60 \text{ g/cm}^3$ , der Sauerstoffgehalt betrug 0,14 Gew.-%, der Kohlenstoffgehalt betrug 0,06 Gew.-% und der Stickstoffgehalt betrug 0,02 Gew.-%. Ferner ergab eine Röntgenbeugungsmessung, wie bei der Probe des Beispiels 1, einen Wert von 0,65 für  $I(105)/I(006)$ .

#### BEISPIEL 8

Ein dünner, langer gesintertter Bogensegmentmagnet mit einer Länge  $L_1$ , einer Dicke  $T_1$  und einem Winkel  $\Theta_1$ , wie in Tabelle 3 dargestellt, wurde auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 7 mit der Ausnahme hergestellt, dass die Dicke des Hohlraums 3 und der Menge der eingefüllten Aufschlammung geändert wurden. Diese Magnete hatten gute magnetische Eigenschaften wie eine Orientierung  $Br/4\pi I_{\max}$  in einer für magnetische Anisotropie sorgenden Richtung von 96,9%,  $iH_c = 1,22 \text{ MA/m}$  ( $15,3 \text{ kOe}$ ) und  $(BH)_{\max} = 395,6 \text{ kJ/m}^3$  ( $49,7 \text{ MGOe}$ ). Sie wiesen auch eine Dichte von  $7,60 \text{ g/cm}^3$ , einen Sauerstoffgehalt von 0,13–0,14 Gew.-%, einen Kohlenstoffgehalt von 0,06 Gew.-% und einen Stickstoffgehalt von 0,02–0,03 Gew.-% auf. Als Ergebnis einer Röntgenbeugungsmessung wie beim Beispiel 1 ergab sich 0,65–0,67 für  $I(105)/I(006)$ .

#### VERGLEICHBSBEISPIEL 3

Es wurde ein Versuch unternommen, einen Grünkörper für einen gesinterten Bogensegmentmagnet auf RTB-Basis mit  $T = 1,0 \text{–} 4,0 \text{ mm}$  durch ein Formungsverfahren in einem transversalen Magnetfeld auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 8 mit der Ausnahme herzustellen, dass die Aufschlammung des Vergleichsbeispiels 1 verwendet wurde. Jedoch traten im Grünkörper Risse auf, wobei es nicht gelang, einen guten Grünkörper herzustellen, der frei von Rissen war. Daher wurde ein Teil des gerissenen Grünkörpers 30 (Fig. 7), in dem sich keine Risse befanden, in fünf Stücke (Nr. 301–305) zerteilt, wobei für jedes Stück die Dichte gemessen wurde. Die so erhaltene Verteilung für  $\rho_g$  ist in Tabelle 2 angegeben. Aus der Tabelle 2 ist es ersichtlich, dass die Verteilung von  $\rho_g$  beim Vergleichsbeispiel 3 ungleichmäßiger und kleiner als beim Beispiel 7 war.

Fünf zerteilte Grünkörper wurden Vorgängen zum Entfernen von Öl und zum Sintern unterzogen. Als Ergebnis von Messungen an den sich ergebenden Sinterkörpern ergab sich ein Schrumpfungsverhältnis in einer für Anisotropie sorgenden Richtung von 30,9%, was ungefähr 5% größer als beim Beispiel 7 war. Nach einer Wärmebehandlung und Bearbeitung der Sinterkörper auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 8 wurden magnetische Eigenschaften in einer für magnetische Anisotropie sorgenden Richtung gemessen. Im Ergebnis ergaben sich  $Br/4\pi I_{\max} = 95,0\%$ ,  $iH_c = 1,23 \text{ MA/m}$  ( $15,4 \text{ kOe}$ ) und  $(BH)_{\max} = 376,5 \text{ kJ/m}^3$  ( $47,3 \text{ MGOe}$ ), was anzeigt, dass die Werte von  $Br/4\pi I_{\max}$  und  $(BH)_{\max}$  beim Vergleichsbeispiel kleiner waren als die bei den Beispielen 7 und 8.

Tabelle 2

Nr.	Stück Nr.	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	
	201	4,69	5
	202	4,60	
Bsp. 7	203	4,56	10
	204	4,53	
	205	4,59	15
	301	4,13	
Vergl.	302	3,98	20
bsp. 3	303	3,92	
	304	4,01	
	305	4,17	25

Tabelle 3

Nr.	L <sub>1</sub> (mm)	T <sub>1</sub> (mm)	θ <sub>1</sub> (°)	
		1,0		30
Bsp. 8	70	2,1	50	35
		4,0		

## BEISPIEL 9

## Radialring

Ein grobes Pulver (unter einer Größe entsprechend 320 Maschen pro Zoll) einer Legierung auf RTB-Basis von 21,4 Gew.-% Nd, 6,0 Gew.-% Pr, 3,1 Gew.-% Dy, 1,05 Gew.-% B, 0,08 Gew.-% Ga, 2,0 Gew.-% Co, bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung, wobei der Rest im Wesentlichen aus Fe und unvermeidlichen Verunreinigungen bestand, wurde in einer Strahlmühle in Ar-Atmosphäre mit einer Sauerstoffkonzentration von Volumen bezogen 1 ppm oder weniger pulverisiert. Das sich ergebende feine Pulver mit einer mittleren Teilchengröße von 4,0 µm wurde unmittelbar in der Ar-Atmosphäre ohne Kontakt mit der Luft in ein Mineralöl (Handelsname "Idemitsu Supper Sol PA-30", verfügbar von Idemitsu Kosan Co., Ltd.) eingegeben, das einen Ester von Glycerol mit aliphatischen Säuren (Ölsäuremonoglycerid, Handelsname "Emasol MO-50", verfügbar von Kao Corp.) enthielt, um eine Aufschlammung herzustellen. Die sich ergebende Aufschlammung wies eine Zusammensetzung mit 71 Gewichtsteilen des feinen Legierungspulvers, 28,9 Gewichtsteilen Mineralöl und 0,1 Gew.-% des Esters aliphatischer Säuren mit Glycerol auf.

Die Aufschlammung wurde in einen Hohlraum 59 (Innendurchmesser der Pressringe 51 und 52: 60 mm, Außendurchmesser des Kerns 53: 45 mm, Länge des ferromagnetischen Pressringteils 51: 34 mm, und Einfülltiefe: 34 mm) eines in Fig. 12 dargestellten Formungswerkzeugs eingefüllt, um einen Formungsvorgang in einem Radialausrichtungsmagnetfeld von ungefähr 238,7 kA/m (3 kOe) bei einem Formungsdruck von 78,4 MPa (0,8 Tonnen/cm<sup>2</sup>) auszuführen, um dadurch einen Grünkörper herzustellen. In Fig. 12 bezeichnen 54 einen oberen Stempel, 55 einen unteren Stempel, 56 eine obere Spule, 57 eine untere Spule und 58 einen Pressrahmen.

Der Grünkörper wurde für 1 Stunde bei einem Unterdruck von ungefähr 66,5 Pa ( $5 \times 10^{-1}$  Torr) auf 200°C erwärmt, um Öl zu entfernen. Dann wurde er für zwei Stunden bei einem Unterdruck von ungefähr  $4,0 \times 10^{-3}$  Pa (ungefähr  $3 \times 10^{-5}$  Torr) bei 1.060°C gesintert und dann auf Raumtemperatur abgekühlt. Der sich ergebende Sinterkörper wurde einer Wärmebehandlung wie folgt unterzogen: Erwärmen für eine Stunde in Ar-Atmosphäre auf 900°C, Abkühlen auf 550°C, Aufbewahren bei 550°C für zwei Stunden und anschließendes Abkühlen auf Raumtemperatur. Nach dem Bearbeiten des wärmebehandelten Sintermagnets auf vorbestimmte Größe wurde eine Beschichtung aus Epoxidharz durch ein Elektroabscheidungsverfahren mit einer mittleren Dicke von 20 µm auf diesen aufgetragen, um einen radial anisotropen Radialring 70 mit einem Außendurchmesser von 48 mm, einem Innendurchmesser von 39 mm und einer Höhe von 11 mm herzustellen (Fig. 13).

Wie es in den Fig. 13(a) und (b) dargestellt ist, wurde aus einem beliebigen Abschnitt des Radialrings 70 ein quaderförmiger Körper mit 5 mm in tangentialer Richtung, 6,5 mm in axialer Richtung und 2,8 mm in radialer Richtung durch ein in Fig. 13(b) veranschaulichtes Verfahren ausgeschnitten. In Fig. 13(b) ist eine Richtung RS (TU) die tangentiale Richtung des Radialrings 70 und eine Richtung RT (SU) ist die radiale Richtung des Radialrings 70. Vier aus dem Radialring 70 ausgeschnittene quaderförmige Körper wurden so miteinander verbunden, dass ihre tangentialen und radialen Richtungen ausgerichtet waren, um ein Laminat zu erzeugen.

Jeder quaderförmige Körper wurde hinsichtlich der magnetischen Restflussdichte  $Br_{||}$  in radialer Richtung, der Koerzitivfeldstärke  $iH_c$ , des maximalen Energieprodukts  $(BH)_{max}$  und des Hystereseseitenverhältnisses  $H_k/iH_c$  bei Raumtemperatur (20°C) gemessen.  $H_k$  ist der Wert von  $H$ , der 0,9  $Br$  im zweiten Quadranten einer  $4\pi I$ -H-Kurve entspricht, wobei  $4\pi I$  die Magnetisierungsstärke ist und  $H$  die Magnetfeldstärke ist. Das Hystereseseitenverhältnis  $H_k/iH_c$  zeigt die Rechteckigkeit der  $4\pi I$ -II-Entmagnetisierungskurve an. Nach dem Messen der magnetischen Restflussdichte  $Br_{||}$  des quaderförmigen Körpers in axialer Richtung bei Raumtemperatur (20°C) wurde die durch  $[Br_{||}/(Br_{||} + Br_{\perp})] \times 100$  (%) definierte Orientierung des Radialrings berechnet. Es wurde auch die Dichte desselben gemessen. Diese Messergebnisse sind in Tabelle 4 angegeben. Der Radialring enthielt 0,14 Gew.-% Sauerstoff, 0,05 Gew.-% Kohlenstoff und 0,003 Gew.-% Stickstoff.

#### VERGLEICHBSBEISPIEL 4

Es wurde ein Radialring auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 9 mit der Ausnahme hergestellt, dass eine Aufschlammung verwendet wurde, die keinen Ester aliphatischer Säuren mit Glycol enthielt, um magnetische Eigenschaften auszuwerten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt.

#### BEISPIELE 10, 11

Radialringe wurden auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 9 mit der Ausnahme hergestellt, dass beim Beispiel 10 ein nichtionisches oberflächenaktives Mittel (Polyoxyethylenalkylamin, Handelsname "Amiet 105", verfügbar von Kao Corp.) verwendet wurde und beim Beispiel 11 ein anderes nichtionisches oberflächenaktives Mittel (Sorbitantriolcat, Handelsname "Rheodol SP-030", verfügbar von Kao Corp.) verwendet wurde. Es wurden magnetische Eigenschaften gemessen, wobei die Ergebnisse in Tabelle 4 angegeben sind. Der Radialring enthielt 0,15 Gew.-% Sauerstoff, 0,06 Gew.-% Kohlenstoff und 0,002–0,003 Gew.-% Stickstoff.

#### BEISPIELE 12, 13

Radialringe wurden auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 9 mit der Ausnahme hergestellt, dass beim Beispiel 12 ein nichtionisches oberflächenaktives Mittel (spezielles makromolekulares oberflächenaktives Mittel, Handelsname "Homogenol L-95", verfügbar von Kao Corp.) verwendet wurde und beim Beispiel 13 ein anderes nichtionisches oberflächenaktives Mittel (spezielles makromolekulares oberflächenaktives Mittel vom Polycarbonsäure-Typ, Handelsname "Homogenol L-18", verfügbar von Kao Corp.) verwendet wurde. Es wurden magnetische Eigenschaften gemessen, wobei die Ergebnisse in Tabelle 4 angegeben sind. Der Radialring enthielt 0,15–0,16 Gew.-% Sauerstoff, 0,06 Gew.-% Kohlenstoff und 0,003–0,004 Gew.-% Stickstoff.

#### VERGLEICHBSBEISPIEL 5

Ein grobes Legierungspulver (unter einer Größe entsprechend 320 Maschen pro Zoll) mit 23,6 Gew.-% Nd, 6,3 Gew.-% Pr, 1,9 Gew.-% Dy, 1,05 Gew.-% B, 0,08 Gew.-% Ga, 2,0 Gew.-% Co, bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung, wobei der Rest im Wesentlichen aus Fe und unvermeidlichen Verunreinigungen bestand, wurde durch eine Strahlmühle in Stickstoffgasatmosphäre mit einer volumenbezogenen Sauerstoffkonzentration von 0,1% pulverisiert. Das sich ergebende feine Pulver (trockenes Pulver) mit einer mittleren Teilchengröße von 4,0  $\mu m$  wurde in einen Hohlraum 59 eines in Fig. 12 dargestellten Formungswerkzeugs eingefüllt, um Trockenkompressionsformung in einem Radialausrichtungsmagnetfeld von ungefähr 238,7 kA/m (3 kOe) bei einem Formungsdruck von 78,4 MPa (0,8 Tonnen/cm<sup>2</sup>) auszuführen, um dadurch einen radialanisotropen Grünkörper zu erzeugen. Nach dem Sintern desselben für zwei Stunden bei einem Unterdruck von ungefähr  $4,0 \times 10^{-3}$  Pa (ungefähr  $3 \times 10^{-5}$  Torr) bei 1.080°C wurde dieser auf Raumtemperatur abgekühlt. Der sich ergebende Sinterkörper wurde einer Wärmebehandlung und einer Bearbeitung unterzogen, und ein Überzug aus Epoxidharz wurde auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 9 aufgetragen, um einen Radialring gemäß dem Vergleichsbeispiel 5 zu erhalten. Dieser Radialring wurde hinsichtlich der Dichte und magnetischer Eigenschaften gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4

Nr.	oberflächen- aktives Mittel	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Br// (T) (kG)	Br <sub>⊥</sub> (T) (kG)	iHc (MA/m) (kOe)	(BH) <sub>max</sub> (kJ/m <sup>3</sup> ) (MGOe)	Hk/iHc (%)	Orientie- rung (%)
B. 9	Ölsäure- monoglycerid	7.60	1.30 13.0	0.14 1.43	1.42 17.9	320.0 40.2	96.3	90.1
B. 10	Polyoxyethylen- alkylamin	7.60	1.31 13.1	0.13 1.33	1.44 18.1	318.4 40.0	96.2	90.8
B. 11	Sorbitan- trioleat	7.61	1.28 12.8	0.16 1.63	1.40 17.6	309.6 38.9	95.5	88.7
B. 12	spez. makromol. oberfl.-akt. Mit.	7.61	1.26 12.6	0.18 1.78	1.38 17.3	295.3 37.1	90.4	87.6
B. 13	oberfl.-akt. Mit. v. Polycarbon- säure-Typ*	7.60	1.26 12.6	0.18 1.83	1.34 16.8	289.7 36.4	88.5	87.3
Verg. bei. 4	keines	7.61	1.23 12.3	0.21 2.14	1.43 18.0	281.0 35.3	87.1	85.2
Verg. bei. 5	keines	7.56	1.21 12.1	0.24 2.41	1.29 16.2	269.8 33.9	70.2	83.4

Hinweis \*: spezielles makromolekulares oberflächenaktives Mittel vom Polycarbonsäure-Typ

Wie es aus den Beispielen 9–13 und den Vergleichsbeispielen 4 und 5 aus der Tabelle 4 hervorgeht, können durch das erfindungsgemäße Verfahren Radialringe mit viel besseren magnetischen Eigenschaften als denen herkömmlicher Radialringe hergestellt werden, insbesondere mit einer Dichte von 7.56 g/cm<sup>3</sup> oder mehr, einem Wert Br<sub>||</sub> in radialer Richtung von 1,25 T (12,5 kG) oder mehr, einem Wert iHc von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr, einem Wert (BH)<sub>max</sub> von 282,6 kJ/m<sup>3</sup> (35,5 MGOe) oder mehr, einem Wert Hk/iHc von 87,5% oder mehr, einem Wert Br<sub>⊥</sub> in axialer Richtung von 0,2% (2,0 kG) oder weniger und einer Orientierung in radialer Richtung von 85,5% oder mehr.

#### BEISPIEL 14

Vier radial anisotrope, ringförmige Grünkörper mit derselben Größe wie beim Beispiel 9 wurden auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 9 hergestellt. Diese vier Grünkörper wurden so ausgerichtet, dass ihre ebenen Oberflächen aneinander anhafteten, und sie wurden so auf den Boden eines in Fig. 12 dargestellten Hohlraums 59 gelegt, dass ihre ebene Bodenfläche in Kontakt mit dem Boden des Hohlraums 59 stand. Unter Bedingungen eines Formungsdrucks von 98 MPa (1,0 Tonne/cm<sup>2</sup>) ohne Magnetfeld wurde ein Kompressionsvorgang ausgeführt, um einen einstückig laminierten Grünkörper zu erhalten, der aus den obigen vier Grünkörpern bestand. Dieser laminierte Grünkörper wurde auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 9 gesintert, um einen Radialring 90 mit einem Außendurchmesser von 47 mm, einem Innendurchmesser von 38 mm und einer Höhe von 43 mm herzustellen. Dieser Radialring enthielt 0,16 Gew.-% Sauerstoff, 0,05 Gew.-% Kohlenstoff und 0,004 Gew.-% Stickstoff.

Wie es in Fig. 14 dargestellt ist, wies dieser Radialring 90 Teile 91 auf, die durch Sintern verbunden waren, was Grenzen zwischen benachbarten Grünkörpern entspricht. In der Verteilung der Magnetflussdichte an der Oberfläche wurde an den Verbindungsabschnitten 91 entsprechenden Positionen ein Abfall 52 (im Allgemeinen ungefähr 0,005 T) beobachtet. Aus nichtverbundenen Teilen 94 des radialen Rings 90 wurden auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 9 quaderförmige Körper ausgeschnitten, und es wurden die Dichte und magnetische Eigenschaften in radialer Richtung (Orientierung usw.) gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 angegeben.

#### VERGLEICHBSBEISPIEL 6

Vier radial anisotrope, ringförmige Grünkörper mit derselben Größe wurden auf dieselbe Weise wie beim Vergleichsbeispiel 4 hergestellt. Auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 14 wurden mit der Ausnahme, dass diese vier Grünkörper verwendet wurden, Radialringe mit einem Außendurchmesser von 46 mm, einem Innendurchmesser von 37 mm und einer Höhe von 41 mm mit durch Sintern verbundenen Abschnitten hergestellt. Aus den nichtverbundenen Abschnitten dieses Radialrings wurden quaderförmige Körper ausgeschnitten, um die Dichte und magnetische Eigenschaften zu messen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5

Nr.	oberflächen- aktives Mittel	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Br// (kT) (kG)	Br⊥ (kT) (kG)	iHc (MA/m) (kOe)	(BH) <sub>max</sub> (kJ/m <sup>3</sup> ) (MGOe)	(Hk/iHc) (%)	Orientie- rung (%)
B. 14	Ölsäuremono- glycerid	7.61	1.29 12.9	0.14 1.42	1.43 18.0	319.2 40.1	96.0	90.1
Vergl. bei. 6	keines	7.60	1.22 12.2	0.23 2.31	1.44 18.1	278.6 35.0	86.6	84.1

Aus Tabelle 5 ist es erkennbar, dass der Radialring des Beispiels 14 bessere Werte für die radiale Orientierung, (BH)<sub>max</sub> und Hk/iHc als der Radialring des Vergleichsbeispiels 6 aufwies.

Fig. 10 zeigt die Änderung der Dichte in radial anisotropen Grünkörpern, wenn der Formungsdruck bei den Beispielen 9 und 10 sowie dem Vergleichsbeispiel 4 variiert wird. Fig. 10 stellt klar, dass die Grünkörper der Beispiel 9 und 10 höhere Dichte als derjenige des Vergleichsbeispiels 4 aufweisen. Dies zeigt an, dass die Zugabe eines oberflächenaktiven Mittels die Füllung einer Einschlammung verbessert. Übrigens zeigten Grünkörper, die bei einem Formungsdruck von weniger als 49 MPa (0,5 Tonnen/cm<sup>2</sup>) beim Vergleichsbeispiel 4 hergestellt wurden, extrem niedrige Dichte bei ungleicher Verteilung auf, und aus derartigen Grünkörper hergestellte Sinterkörper unterlagen einer drastischen Verformung, wobei sich eine Radialorientierung von weniger als 80,0% ergab.

Fig. 11 zeigt die Dichteänderung in radial anisotropen Grünkörpern, wenn die Menge an oberflächenaktivem Mittel (feines Pulver + oberflächenaktives Mittel = 100%) bei den Beispielen 9 und 10 sowie beim Vergleichsbeispiel 4 variiert wird. Fig. 11 stellt klar, dass die Dichte der Grünkörper proportional zur Menge eines oberflächenaktiven Mittels zunimmt, wobei jedoch beinahe Sättigung erzielt wird, wenn die Menge an oberflächenaktivem Mittel 0,2% erreicht. Es ist auch klaggestellt, dass die radiale Orientierung hoch ist, wenn die Menge an oberflächenaktivem Mittel 0,01–0,3 Gew.-% beträgt. Wenn die Menge an oberflächenaktivem Mittel 0,3 Gew.-% überschreitet, fällt der Wert iHc drastisch. Andererseits können keine Wirkungen durch Zugabe eines oberflächenaktiven Mittels erzielt werden, wenn die Menge desselben weniger als 0,01 Gew.-% beträgt. So beträgt die Menge an oberflächenaktivem Mittel 0,01–0,3 Gew.-%, vorzugsweise 0,01–0,2 Gew.-%.

#### BEISPIEL 15

Vorgänge zum Entfernen von Öl, zum Sintern, zur Wärmebehandlung, zur Bearbeitung und zur Oberflächenbehandlung wurden in dieser Reihenfolge auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 9 mit der Ausnahme ausgeführt, dass der Innendurchmesser und der Außendurchmesser eines ringförmigen Grünkörpers [Außendurchmesser = Innendurchmesser + (8–20 mm)] und der Wert H<sub>ap</sub> geändert wurden, um einen Radialring mit einem Innendurchmesser herzustellen, wie er in Tabelle 6 angegeben ist. In Tabelle 6 sind ein Radialausrichtungs-Magnetfeld H<sub>ap</sub>, der Innendurchmesser und die radiale Orientierung (%) jedes Radialrings angegeben. Der Wert H<sub>ap</sub> fällt, wenn der Innendurchmesser des Radialrings abnimmt. Wenn der Innendurchmesser des Radialrings 100 mm beträgt, beträgt die Obergrenze von H<sub>ap</sub> 716,2 kA/m (9 kOe), und zwar aufgrund der von einer Spannungsversorgung und einer Spule zum Erzeugen des Magnetfelds erzeugten Wärme.

Jeder der Radialringe des Beispiels 15 wies hohe radiale Orientierung auf. Auch wies jeder der Radialringe ein Hystereseseitenverhältnis von Hk/iHc von mehr als 87,5% und einen Wert iHc von mehr als 1,1 MA/m (14,0 kOe) auf. Übrigens enthielt der Radialring 0,15–0,16 Gew.-% Sauerstoff, 0,05–0,06 Gew.-% Kohlenstoff und 0,003–0,004 Gew.-% Stickstoff.

#### VERGLEICHBSBEISPIEL 7

In Tabelle 6 angegebene Radialringe wurden auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 15 mit der Ausnahme hergestellt, dass nur die Aufschlammung des Vergleichsbeispiels 4 verwendet wurde. Es wurde die radiale Orientierung gemessen.

Tabelle 6

H <sub>ap</sub>		Innendurchmesser des Radialrings (mm)	Orientierung (%)	
(kA/m)	(kOe)		Bsp. 15	Vergl.bsp. 7
716,2	9	100	93,0	85,3
636,6	8	50	92,9	85,1
453,6	5,7	30	91,8	85,0
270,6	3,4	10	90,2	84,9

Aus der Tabelle 6 ist es erkennbar, dass durch die Erfindung Radialringe mit hohem Funktionsvermögen mit einem Innendurchmesser von 100 mm oder weniger mit hervorragender Orientierung hergestellt werden können.

## BEISPIEL 16

Gesinterte Bogensegmentmagnete, wie sie in Fig. 8 dargestellt sind, die jeweils eine Länge L<sub>2</sub> von 70 mm, eine Dicke T<sub>2</sub> von 2,5 mm, einen Winkel  $\Theta_2$  von 40° und einen Innendurchmesser, wie er in Tabelle 7 angegeben ist, aufwiesen, wurden auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 8 mit der Ausnahme hergestellt, dass die Formungsbedingungen und die Größen der Grünkörper geändert wurden.

Tabelle 7

Innendurchmesser des Bogensegmentmagnets (mm)	H <sub>ap</sub>		Orientierung (%)
	(kA/m)	(kOe)	
100	708,3	8,9	93,1
50	612,8	7,7	92,6
30	461,6	5,8	92,2
10	310,4	3,9	92,0

Aus der Tabelle 7 geht hervor, dass die gesinterten Bogensegmentmagnete des Beispiels 16 hohe Orientierung in radialer Richtung aufwiesen. Sie wiesen Hystereseseitenverhältnisse H<sub>k</sub>/iH<sub>c</sub> von mehr als 87,5% und einen Wert iH<sub>c</sub> von mehr als 1,1 MA/m (14 kOe) auf. Auch enthielten die Bogensegmentmagnete 0,14–0,16 Gew.-% Sauerstoff, 0,05–0,06 Gew.-% Kohlenstoff und 0,003–0,004 Gew.-% Stickstoff.

## VERGLEICHBSBEISPIEL 8

Es wurde zwar ein Versuch unternommen, bogensegmentförmige Grünkörper auf dieselbe Weise wie beim Beispiel 16 mit der Ausnahme herzustellen, dass die Aufschlammung des Vergleichsbeispiels 4 verwendet wurde, jedoch trat Rissbildung auf. Demgemäß konnten keine gesinterten Bogensegmentmagnete hergestellt werden.

Bei den obigen Beispielen sind Formungsvorgänge in einem transversalen oder einem radialen Magnetfeld beschrieben, jedoch kann auch ein Formungsvorgang in einem vertikalen Magnetfeld verwendet werden, um Bogensegmentmagnete mit besserer Orientierung  $Br/4\pi I_{\max}$  in einer für Anisotropie sorgenden Richtung als bei herkömmlichen Bogensegmentmagneten herzustellen. Auch können Radialringe und Bogensegmentmagnete mit verbesserter radialer Orientierung hergestellt werden.

Durch die Erfindung können bogensegmentförmige oder ringförmige RTB-Sintermagnete mit niedrigem Sauerstoffgehalt und hoher Dichte und Orientierung hergestellt werden, während Rissbildung von Grünkörpern vermieden ist, wobei alle diese Eigenschaften besser sind, als sie mit Verfahren zum Herstellen von Seltenerd-Sintermagneten unter Verwendung herkömmlicher Öle erhalten werden. Da ein starkes Schrumpungsverhältnis und hohe Verformung im Verlauf von Grünkörpern zu Sinterkörpern durch die Erfindung verringert sind, können bogensegmentförmige oder ringförmige Sintermagnete mit nahezu Nutzform und hoher Orientierung erhalten werden.

1. Dünner Bogensegmentmagnet mit einer Dicke von 1–4 mm aus einem Seltenerd-Sinternmagnet mit einem Anteil der Hauptkomponenten von 28–33 Gew.-% R und 0,8–1,5 Gew.-% B, wobei der Rest im wesentlichen Fe ist und R mindestens ein Seltenerdelement, einschließlich Y, ist, und T Fe oder Fe und Co ist, wobei dieser Bogensegmentmagnet einen Sauerstoffgehalt von 0,3 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets, eine Dichte von 7,56 g/cm<sup>3</sup> oder mehr, eine Koerzitivfeldstärke iHc von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr bei Raumtemperatur und eine Orientierung  $Br/4\pi I_{\max}$  von 96% oder mehr in einer für Anisotropie sorgenden Richtung bei Raumtemperatur aufweist.

2. Bogensegmentmagnet nach Anspruch 1, der Parallelanisotropie aufweist.

3. Bogensegmentmagnet nach einem der vorstehenden Ansprüche, der eine axiale Länge von 40–100 mm aufweist.

4. Bogensegmentmagnet nach einem der vorstehenden Ansprüche, der ein Verhältnis  $I(105)/I(006)$  von 0,5–0,8 aufweist, wobei  $I(105)$  die Intensität eines Röntgenbeugungspeaks von einer (105)-Ebene repräsentiert und  $I(106)$  die Intensität eines Röntgenbeugungspeaks von einer (006)-Ebene repräsentiert.

5. Radial anisotroper Bogensegmentmagnet mit einem Innendurchmesser von 100 mm oder weniger aus einem Seltenerd-Sinternmagnet mit einem Anteil der Hauptkomponenten von 28–33 Gew.-% R und 0,8–1,5 Gew.-% B, wobei der Rest im wesentlichen Fe ist und R mindestens ein Seltenerdelement, einschließlich Y, ist, und T Fe oder Fe und Co ist, wobei dieser Bogensegmentmagnet einen Sauerstoffgehalt von 0,3 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets, eine Dichte von 7,56 g/cm<sup>3</sup> oder mehr, eine Koerzitivfeldstärke iHc von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr bei Raumtemperatur und eine Orientierung  $[Br_{||}/(Br_{||} + Br_{\perp})] \times 100$  (%) von 85,5% oder mehr bei Raumtemperatur aufweist, wobei diese Orientierung durch die magnetische Restflussdichte  $Br_{||}$  in radialer Richtung und die magnetische Restflussdichte  $Br_{\perp}$  in axialer Richtung, rechtwinklig zu dieser radialen Richtung, definiert ist.

6. Bogensegmentmagnet nach Anspruch 5, der 1–4 mm dick ist.

7. Bogensegmentmagnet nach Anspruch 5 oder 6, der in axialer Richtung eine Länge von 40–100 mm aufweist.

8. Radial anisotroper Ringmagnet mit einem Innendurchmesser von 100 mm oder weniger als Seltenerd-Sinternmagnet mit einem Anteil der Hauptkomponenten von 28–33 Gew.-% R und 0,8–1,5 Gew.-% B, wobei der Rest im Wesentlichen Fe ist und R mindestens ein Seltenerdelement, einschließlich Y, ist, und T Fe oder Fe und Co ist, wobei dieser Ringmagnet einen Sauerstoffgehalt von 0,3 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets, eine Dichte von 7,56 g/cm<sup>3</sup> oder mehr, eine Koerzitivfeldstärke iHc von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr bei Raumtemperatur und eine Orientierung  $[Br_{||}/(Br_{||} + Br_{\perp})] \times 100$  (%) von 85,5% oder mehr bei Raumtemperatur aufweist, wobei diese Orientierung durch die magnetische Restflussdichte  $Br_{||}$  in radialer Richtung und die magnetische Restflussdichte  $Br_{\perp}$  in axialer Richtung, rechtwinklig zu dieser radialen Richtung, definiert ist.

9. Ringmagnet nach Anspruch 8 mit durch Sintern verbundenen Teilen.

10. Verfahren zum Herstellen eines Seltenerd-Sinternmagnets, das die folgenden Schritte aufweist:

- feines Pulverisieren einer Legierung für den Seltenerd-Sinternmagnet bis auf eine mittlere Teilchengröße von 1–10 µm in nichtoxidierender Atmosphäre;
- Eingeben des erhaltenen feinen Pulvers in ein Flüssigkeitsgemisch von 99,7–99,99 Gewichtsteilen mindestens eines aus der aus Mineralöl, synthetischem Öl und pflanzlichem Öl bestehenden Gruppe ausgewählten Öls und 0,01–0,3 Gewichtsteilen eines nichtionischen und/oder anionischen oberflächenaktiven Mittels;
- Formen des sich ergebenden Aufschlammungsgemischs in einem Magnetfeld und
- Ausführen von Vorgängen zum Entfernen von Öl, zum Sintern und zur Wärmebehandlung in dieser Reihenfolge.

11. Verfahren zum Herstellen eines Seltenerd-Sinternmagnets nach Anspruch 10, bei dem der Formungsvorgang in einem Magnetfeld ein Kompressionsformungsvorgang ist und der komprimierte Grünkörper vorzugsweise eine Dichteverteilung von 4,3–4,7 g/cm<sup>3</sup> aufweist, um einen Seltenerd-Sinternmagnet mit einer Hauptphase aus einer intermetallischen  $R_2T_{14}B$ -Verbindung herzustellen, wobei R mindestens ein Seltenerdelement, einschließlich Y, ist und T Fe oder Fe und Co ist.

12. Verfahren zum Herstellen eines dünnen Bogensegmentmagnets mit einer Dicke von 1–4 mm aus einem Seltenerd-Sinternmagnet mit einem Anteil der Hauptkomponenten von 28–33 Gew.-% R und 0,8–1,5 Gew.-% B, wobei der Rest im Wesentlichen Fe ist und R mindestens ein Seltenerdelement, einschließlich Y, ist, und T Fe oder Fe und Co ist, wobei dieser Bogensegmentmagnet einen Sauerstoffgehalt von 0,3 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets, eine Dichte von 7,56 g/cm<sup>3</sup> oder mehr, eine Koerzitivfeldstärke iHc von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr bei Raumtemperatur und eine Orientierung  $Br/4\pi I_{\max}$  von 96% oder mehr in einer für Anisotropie sorgenden Richtung bei Raumtemperatur aufweist, wobei dieses Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- feines Pulverisieren einer Legierung für den Seltenerd-Sinternmagnet bis auf eine mittlere Teilchengröße von 1–10 µm in nichtoxidierender Atmosphäre;
- Eingeben des erhaltenen feinen Pulvers in ein Flüssigkeitsgemisch von 99,7–99,99 Gewichtsteilen mindestens eines aus der aus Mineralöl, synthetischem Öl und pflanzlichem Öl bestehenden Gruppe ausgewählten Öls und 0,01–0,3 Gewichtsteilen eines nichtionischen und/oder anionischen oberflächenaktiven Mittels;
- Formen des sich ergebenden Aufschlammungsgemischs in einem Magnetfeld und
- Ausführen von Vorgängen zum Entfernen von Öl, zum Sintern und zur Wärmebehandlung in dieser Reihenfolge.

13. Verfahren zum Herstellen eines radial anisotropen Bogensegmentmagnets mit einem Innendurchmesser von 100 mm oder weniger aus einem Seltenerd-Sinternmagnet mit einem Anteil der Hauptkomponenten von 28–33 Gew.-% R und 0,8–1,5 Gew.-% B, wobei der Rest im Wesentlichen Fe ist und R mindestens ein Seltenerdelement, einschließlich Y, ist, und T Fe oder Fe und Co ist, wobei dieser Bogensegmentmagnet einen Sauerstoffgehalt von 0,3 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets, eine Dichte von 7,56 g/cm<sup>3</sup> oder



mehr, eine Koerzitivfeldstärke  $iH_c$  von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr bei Raumtemperatur und eine Orientierung  $[Br_{||}/(Br_{||} + Br_{\perp})] \times 100$  (%) von 85,5% oder mehr bei Raumtemperatur aufweist, wobei diese Orientierung durch die magnetische Restflussdichte  $Br_{||}$  in radialer Richtung und die magnetische Restflussdichte  $Br_{\perp}$  in axialer Richtung, rechtwinklig zu dieser radialen Richtung, definiert ist, wobei dieses Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- feines Pulverisieren einer Legierung für den Seltenerd-Sintermagnet bis auf eine mittlere Teilchengröße von 1–10  $\mu\text{m}$  in nichtoxidierender Atmosphäre;
- Eingeben des erhaltenen feinen Pulvers in ein Flüssigkeitsgemisch von 99,7–99,99 Gewichtsteilen mindestens eines aus der aus Mineralöl, synthetischem Öl und pflanzlichem Öl bestehenden Gruppe ausgewählten Öls und 0,01–0,3 Gewichtsteilen eines nichtionischen und/oder anionischen oberflächenaktiven Mittels;
- Formen des sich ergebenden Aufschlämmungsgemischs in einem Magnetfeld und
- Ausführen von Vorgängen zum Entfernen von Öl, zum Sintern und zur Wärmebehandlung in dieser Reihenfolge.

14. Verfahren zum Herstellen eines radial anisotropen Ringmagnets mit einem Innendurchmesser von 100 mm oder weniger aus einem Seltenerd-Sintermagnet mit einem Anteil der Hauptkomponenten von 28–33 Gew.-% R und 0,8–1,5 Gew.-% B, wobei der Rest im Wesentlichen Fe ist und R mindestens ein Seltenerdelement, einschließlich Y, ist, und T Fe oder Fe und Co ist, wobei dieser Ringmagnet einen Sauerstoffgehalt von 0,3 Gew.-% oder weniger bezogen auf das Gesamtgewicht des Magnets, eine Dichte von 7,56 g/cm<sup>3</sup> oder mehr, eine Koerzitivfeldstärke  $iH_c$  von 1,1 MA/m (14 kOe) oder mehr bei Raumtemperatur und eine Orientierung  $[Br_{||}/(Br_{||} + Br_{\perp})] \times 100$  (%) von 85,5% oder mehr bei Raumtemperatur aufweist, wobei diese Orientierung durch die magnetische Restflussdichte  $Br_{||}$  in radialer Richtung und die magnetische Restflussdichte  $Br_{\perp}$  in axialer Richtung, rechtwinklig zu dieser radialen Richtung, definiert ist, wobei dieses Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- feines Pulverisieren einer Legierung für den Seltenerd-Sintermagnet bis auf eine mittlere Teilchengröße von 1–10  $\mu\text{m}$  in nichtoxidierender Atmosphäre;
- Eingeben des erhaltenen feinen Pulvers in ein Flüssigkeitsgemisch von 99,7–99,99 Gewichtsteilen mindestens eines aus der aus Mineralöl, synthetischem Öl und pflanzlichem Öl bestehenden Gruppe ausgewählten Öls und 0,01–0,3 Gewichtsteilen eines nichtionischen und/oder anionischen oberflächenaktiven Mittels;
- Formen des sich ergebenden Aufschlämmungsgemischs in einem Magnetfeld und
- Ausführen von Vorgängen zum Entfernen von Öl, zum Sintern und zur Wärmebehandlung in dieser Reihenfolge.

---

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 1

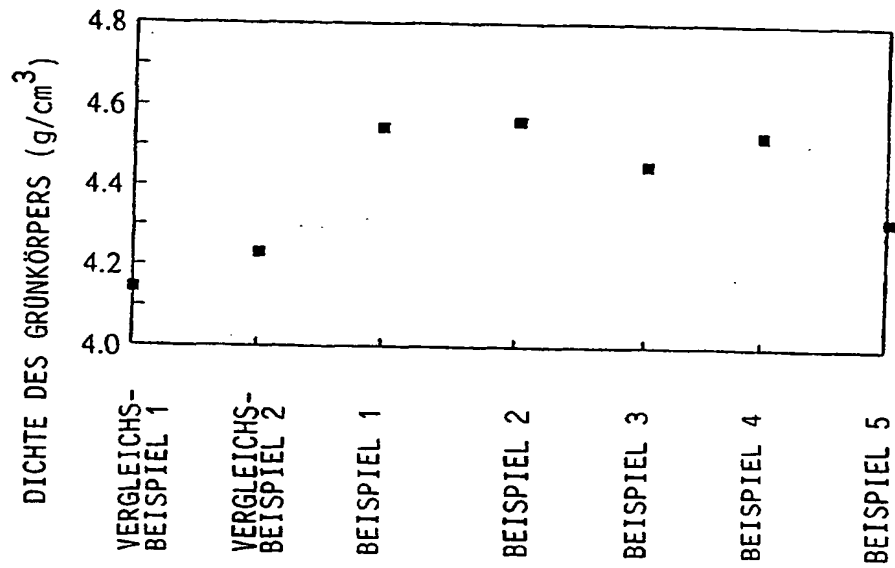


Fig. 2

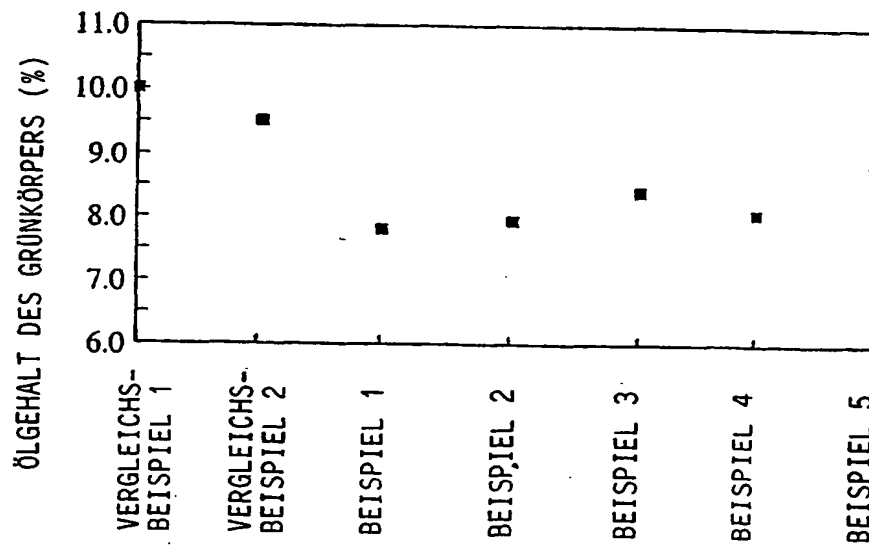


Fig. 3

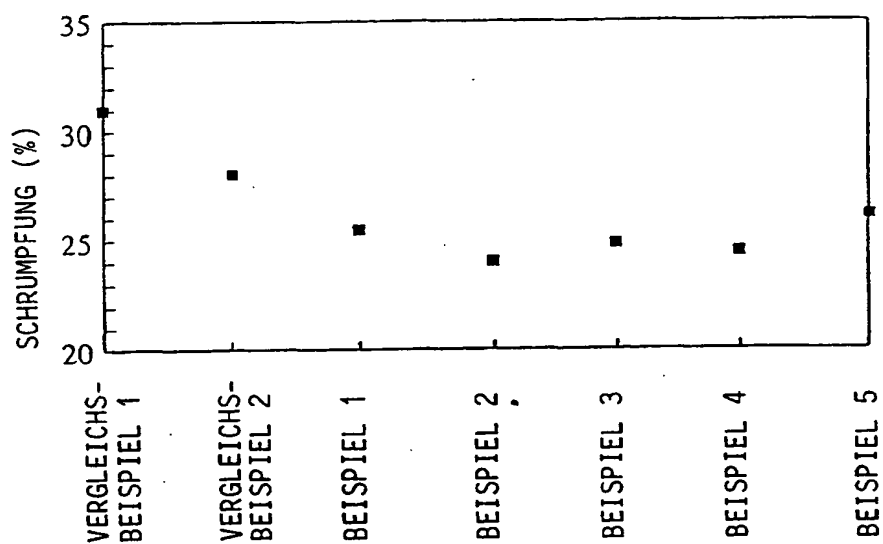


Fig. 4

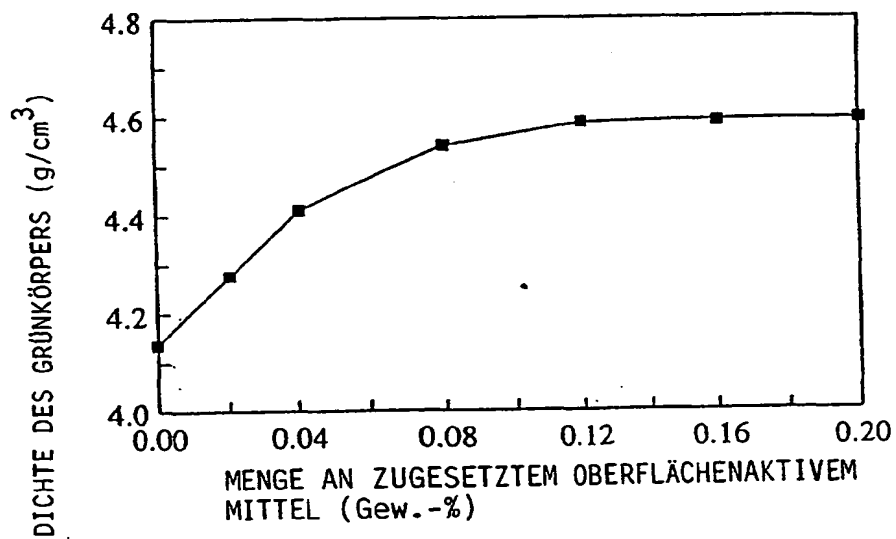


Fig. 5

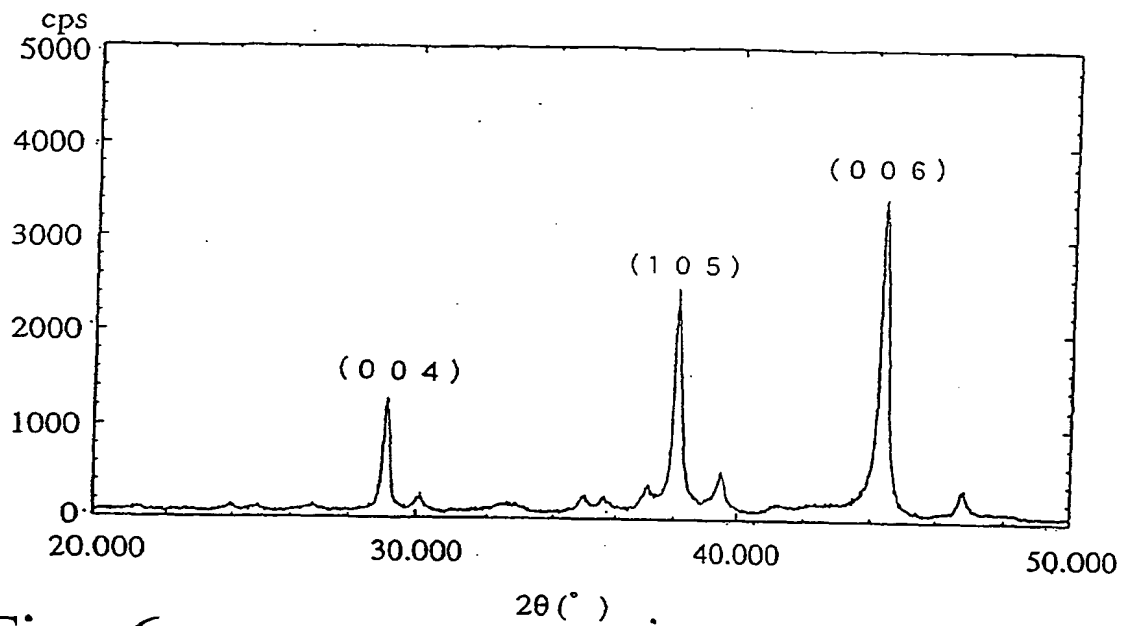


Fig. 6

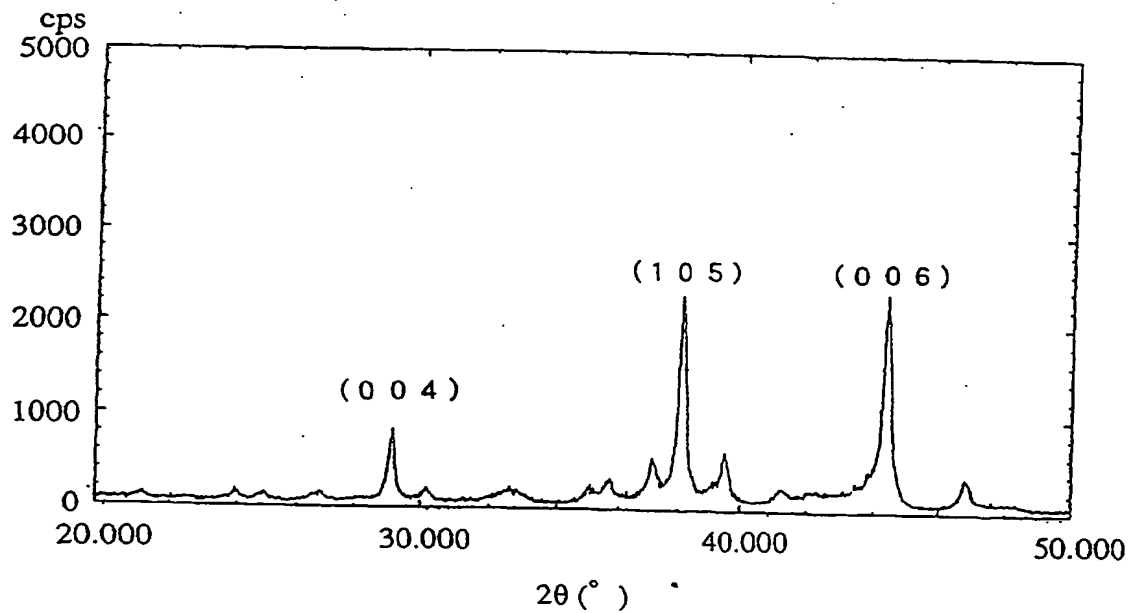


Fig. 7

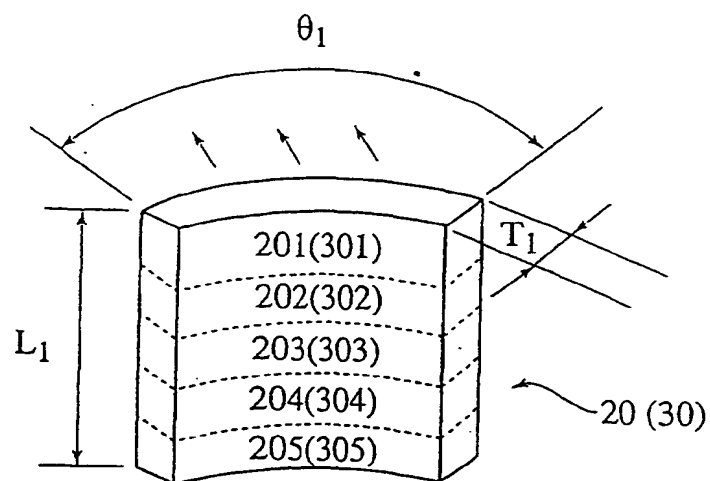


Fig. 8

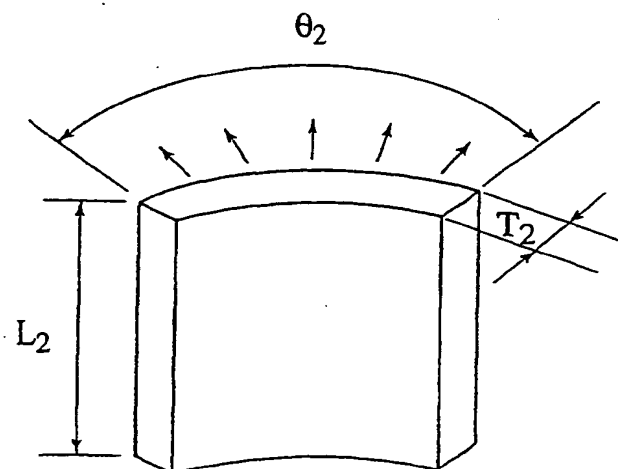


Fig. 9

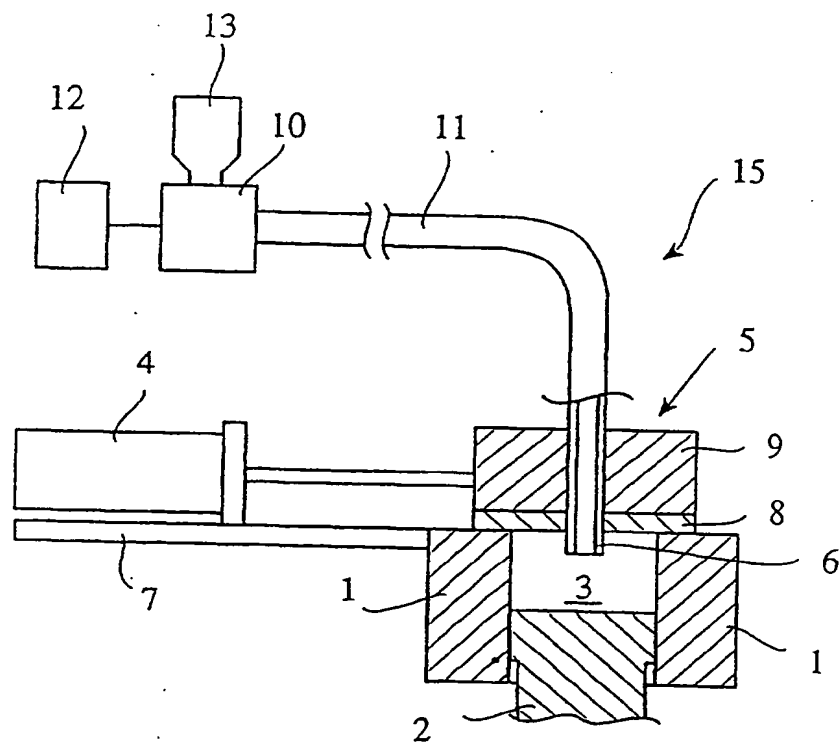


Fig. 10

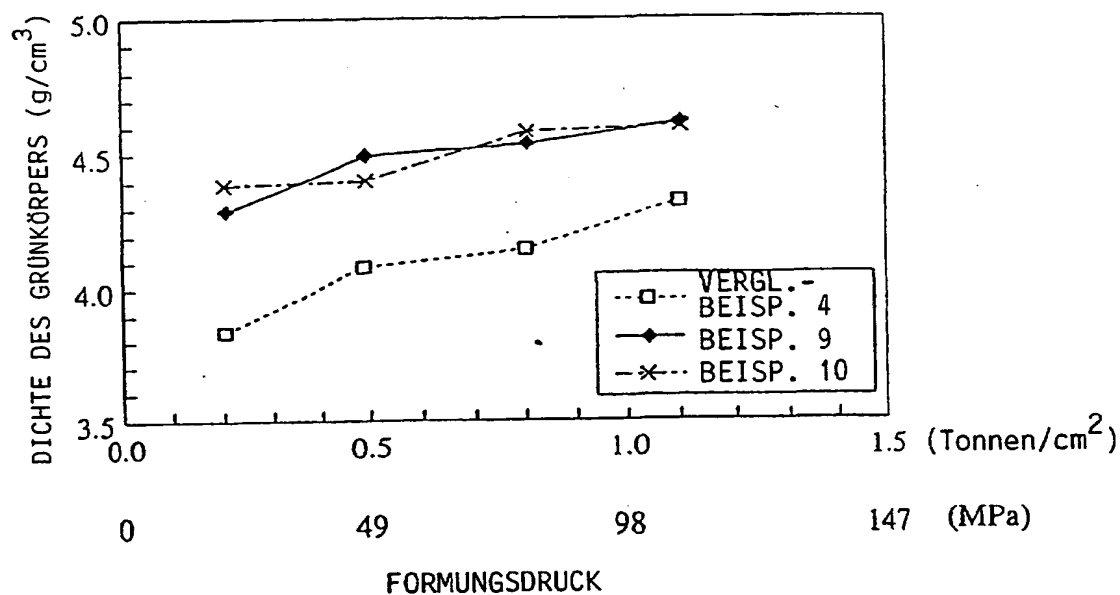


Fig. 11

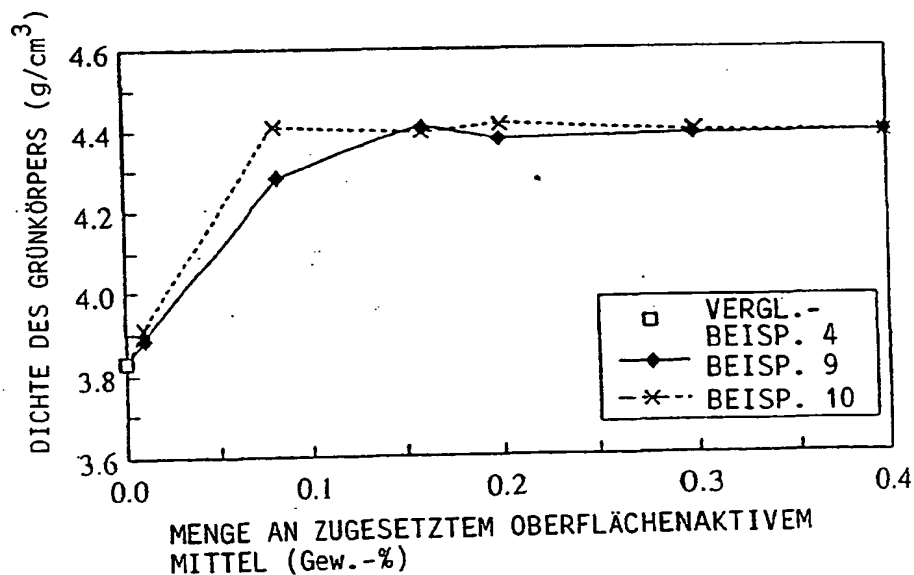


Fig. 12

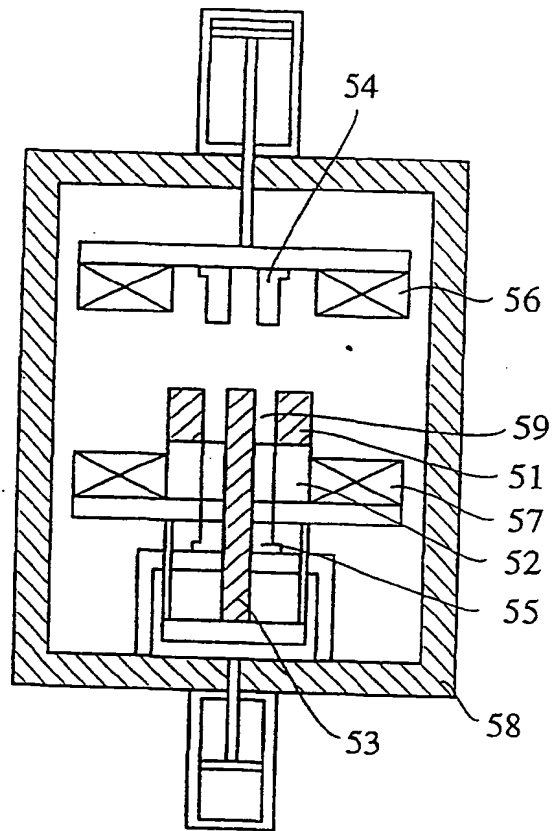




Fig. 13(a)

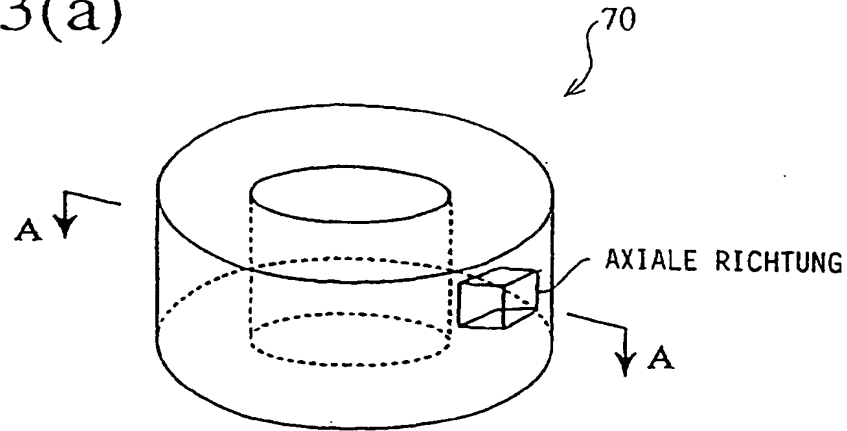


Fig. 13(b)

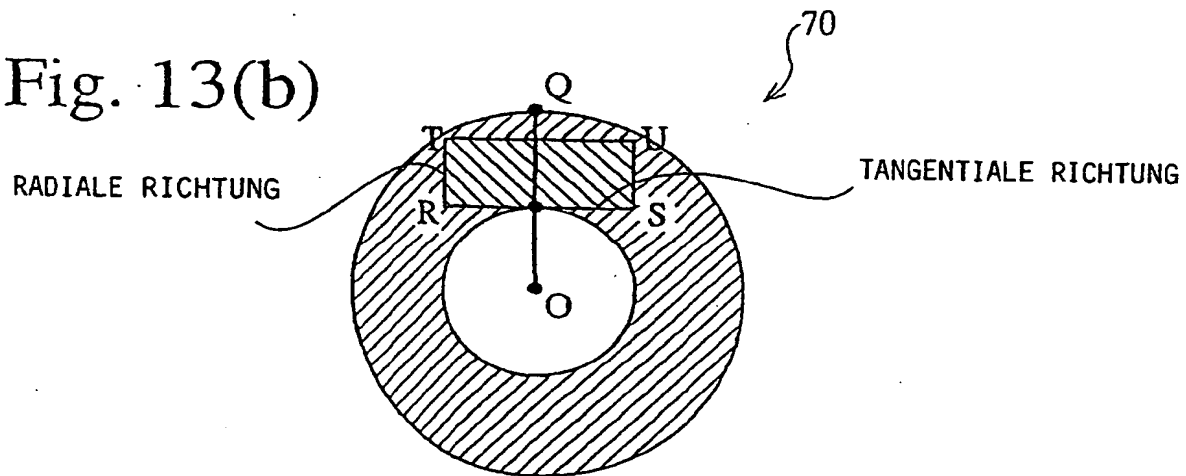


Fig. 14(a)

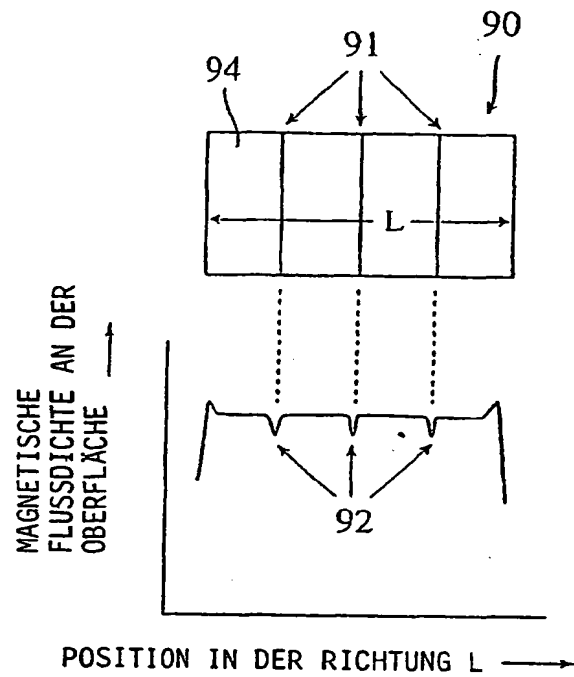


Fig. 14(b)

